

TÜBİTAK

2006-454
✓

TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU
THE SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu
Environment, Atmospheric, Earth and Marine Sciences Research Grant Group

Q/ 92787

**KARATAŞ-OSMANİYE FAY ZONUNUN
DENİZE UZANIMININ
SİSMİK YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI**

PROJE NO: ÇAYDAK-104Y201

1-49

DOÇ.DR. MAHMUT OKYAR
AR.GÖR DEVRİM TEZCAN
DR. VEDAT EDİGER
Ş. ÇAĞAN TUNC

EKİM 2006
MERSİN

ÖNSÖZ

TÜBİTAK tarafından desteklenen “**Karataş-Osmaniye Fay Zonunun Denize Uzanımının Sismik Yöntemlerle Araştırılması**” isimli bu proje kapsamında Karataş – Osmaniye fay zonunun denize uzanımının belirlenmesine çalışılmıştır. Söz konusu proje süresince, gerek enstitümüzce, gerekse diğer araştırmacılarca bölgede, hem deniz hemde kara tarafında daha önce yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü’ne ait Araştırma Gemisi BİLİM2 ile yapılan deniz seferi neticesinde toplanan sismik kesitler yorumlanmış, bulgular önceki çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Buna ilaveten, fay zonunun kara tarafında uzanan kesimi de belirlenmeye çalışılmış, bölgede meydana gelen depremler incelenmiş ve tüm bu bulguların Karataş-Osmaniye Fay Zonu ile ilişkisi ortaya konmaya çalışılmıştır.

TEŞEKKÜR

“Karataş-Osmaniye Fay Zonu’nun Denize Uzanimının Sismik Yöntemlerle Araştırılması” isimli ve 104Y201 numaralı bu projenin gerçekleştirilmesi için Enstitümüze maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Bu proje kapsamında, gerekli olan gemi zamanı ve personel sağlanması sırasında katkılarını esirgemeyen ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü Müdürü Doç.Dr. Şükrü Turan BEŞİKTEPE'ye teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Tüm R/V BİLİM2 gemi personeline, ayrıca sismik verilerin toplanması sırasındaki katkılarından dolayı Elektronik Mühendisi Mehmet DEMİREL'e teşekkürlerimizi sunuyoruz.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	2
TEŞEKKÜR	3
İÇİNDEKİLER.....	4
ŞEKİLLER.....	5
TABLOLAR.....	5
ÖZET	6
ÖZET	6
ABSTRACT	6
1. Giriş	7
2. Genel Bilgiler	8
2.1. Önceki Çalışmalar	8
2.2. Araştırma sahası.....	10
2.3. Bölgemin genel jeolojisi	12
2.4. Bölgemin genel tektonik yapısı	15
2.5. Bölgemin sismik aktivitesi	16
3. Gereç ve Yöntemler.....	21
3.1. Bulgu Derleme.....	21
3.2. Deniz Araştırmaları.....	21
3.3. Kara Çalışmaları.....	23
3.4. Bilgisayar Donanımı ve Yazılım Programları.....	24
4. Bulgular.....	27
4.1. Misis-Girne Fay Zonu.....	28
4.2. Karataş – Ceyhan Nehir ağzı arası	32
4.3. Yumurtalık Körfezi.....	35
4.4. Fayların uzanımı.....	38
5. Tartışma.....	39
6. Sonuçlar ve Öneriler	42
KAYNAKLAR	43
EKLER	50

ŞEKİLLER

Şekil 1. TÜBİTAK tarafından izlenen sismik istasyon ağı.....	9
Şekil 2. Çalışma sahasını gösterir harita.....	10
Şekil 3. Doğu Akdeniz'in morfolojik haritası.....	10
Şekil 4. Bölgenin genel jeolojik haritası ve açıklamaları.....	14
Şekil 5. Doğu Akdeniz'in tektonik haritası.....	15
Şekil 6. 1900-2004 Yılları arasında bölgede kaydedilmiş depremler ve magnitüdleri	16
Şekil 7. Bölgede meydana gelmiş depremlerin odak çözümlemeleri.....	18
Şekil 8. Gemide derinlik ve konum belirleme sistemleri ile sismik yansımaya yönteminin şematik gösterimi.....	20
Şekil 9. Çalışma sahasının batimetri haritası.....	21
Şekil 10. Kara çalışması sırasında resim çekilen yerlerin lokasyon haritası.....	22
Şekil 11. ArcReader yazılımı ile kullanılabilen interaktif harita.....	23
Şekil 12. Landsat uydu görüntüsünün sayısal yükseklik verilerine giydirilerek oluşturulan üç boyutlu görüntü	23
Şekil 13. Raporda sismik profillerin yerbulduru haritası.....	25
Şekil 14. Misis-Girne Fay zonu'nun sismik yansına kaydı ve yorumu.....	27
Şekil 15. Karataş açıklarından alınmış bir sismik profil ve yorumu.....	28
Şekil 16. Karataş açıklarından alınmış bir sismik profil ve yorumu.....	29
Şekil 17. Ceyhan Nehri ağzından alınmış bir sismik profil ve yorumu.....	31
Şekil 18. Ceyhan Nehri ağzından alınmış bir sismik profil ve yorumu.....	32
Şekil 19. Yumurtalık Körfezi'nden alınmış bir sismik profil ve yorumu.....	34
Şekil 20. Yumurtalık Körfezi'nden alınmış bir sismik profil ve yorumu.....	35
Şekil 21. Bu çalışmada yorumlanan faylar	36

TABLOLAR

Tablo 1. Araştırma sahası civarındaki nehirler.....	11
Tablo 2. Bölgede meydana gelmiş önemli depremler	19
Tablo 3. 27 Haziran 1998 Ceyhan depreminin değişik kurumlarda verilen bilgileri.....	41

ÖZET

Bu araştırmada, İskenderun Körfezine paralel uzanan Karataş-Osmaniye Fay Zonu'nun denize uzanımı sıç sismik yöntem kullanılarak araştırılmıştır. Sismik kayıtlarda Karataş açıklarında Misis-Girne Fay Zonu'nu oluşturan faylar, Ceyhan Nehri'nin deniz döküldüğü bölgenin açıklarında düşey bileşeni olan doğrultu atımlı faylar ve Yumurtalık Körfezi'nin içinde doğrultu atımlı faylar yorumlanmıştır. Ayrıca Yumurtalık Körfezi'nin açıklarında kıyıya paralel uzanan bir normal fay tespit edilmiştir. Doğrultu atımlı bu fayların deniz tabanında bir izi olmamasına karşın Holosen süresince depolanan güncel sedimanlarda deformasyon meydana getirmiştir. Bölgede kaydedilmiş depremlerin Karataş-Osmaniye Fay Zonu'nun etrafında kümelendikleri anlaşılmıştır. Toplanan ve derlenen tüm verilerin ışığında Karataş-Osmaniye Fay Zonu'nun bir süredir hareket etmediği, ancak her an yeniden aktif hale gelebileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karataş-Osmaniye Fayı, Aktif Fay, Misis-Girne Fayı, Sismik, Deprem

ABSTRACT

In this study, the seaward extension of the Karataş – Osmaniye Fault Zone lying parallel to the Gulf of İskenderun was investigated using shallow seismic method. On the seismic records some structures formed the Misis-Kyrenia Fault Zone off the Karataş have been interpreted as oblique strike-slip faults off the Ceyhan River's mouth and, strike slip faults within the Yumurtalık Bay. A normal fault parallel to the coast has also been determined off the Yumurtalık Bay. Although the strike-slip faults have not been traced on the sea-bed, some deformations have been interpreted within the recent sediments accumulating since the Holocene. The recorded earthquakes in the study area showed that their epicenters were clustered around the Karataş-Osmaniye Fault Zone. According to all data collected and compiled from present and previous studies , it is though that the Karataş-Osmaniye Fault Zone has no activity for a long time, but it can become active at any time.

Keywords: Karataş-Osmaniye Fault, Active fault, Misis-Kyrenia Fault, Seismic, Earthquake

1. Giriş

Günümüzde, Türkiye ve çevresinde, halen aktivitesini sürdürten tektonik hareketler, büyük ölçekte Afrika, Avrasya ve Arap levhalarının birbirleri ile etkileşimlerinin sonucudur. Afrika ve Arap plakalarının Kuzey – Kuzeybatı yönündeki göreceli hareketleri Anadolu mikro-levhasının Kuzey Anadolu fayı (KAF) ve Doğu Anadolu fayı (DAF) boyunca batıya doğru kaçmasına neden olmaktadır. Anadolu mikro-levhasını Avrasya levhasından ayıran KAF sağ yönde doğrultu atımlı bir fay iken Anadolu mikro-levhasını Arap mikro-levhasından ayıran DAF sol yönde doğrultu atımlı bir özellik taşımaktadır. Afrika ile Arap levhalarının sınırını ise sol yöne atımlı Ölüdeniz Fayı (ÖDF) oluşturmaktadır.

Doğu Akdeniz bölgesi oldukça karmaşık bir tektonik yapı göstermesi nedeniyle birçok konuda hala bir fikir birliğine varılamamıştır. Özellikle Afrika levhası ile Anadolu mikro levhası arasındaki levha sınırının yeri konusunda çok değişik varsayımlar öne sürülmektedir. Genel kanı bu levha sınırının Erathostenes denizaltı dağı ile Kıbrıs arasından geçtiği olmakla beraber, batıda Hellenic yayına, doğuda ise ÖDF ve/veya DAF'a bağlantısı halen tartışma konusudur.

Bu araştırmanın amacı, Afrika-Anadolu, Afrika-Arap ve Anadolu-Arap levha sınırlarının üçlü bağlantı “Triple Junction” noktasına oldukça yakın olan, Karataş-Osmaniye fay zonunu araştırmak, bu zonu oluşturan fayların, özellikle de denizdeki güncel sedimanlara olan etkilerini inceleyerek aktivitelerini ortaya çıkarmaktır.

Bunun yanısıra, bölgede kaydedilmiş olan depremler ve çözümleri de incelenerek, proje kapsamında gerçekleştirilen sismik çalışmada yorumlanan faylarla olan ilişkilerinin açıklanması da bu projenin amaçları arasında yer almaktadır.

Bu araştırmada elde edilen ve derlenen tüm bulguların, GIS programları kullanılarak, elektronik ortamda kullanıcıya sunulması da projenin kapsamı içerisinde yer almaktadır.

2. Genel Bilgiler

2.1. Önceki Çalışmalar

Karmaşık yapısından ve özellikle birçok tektonik sürecin temsil edildiği bir bölge olmasından dolayı Doğu Akdeniz 1970'lerden beri bir çok araştırmacının ilgisini çekmiştir (McKenzie, 1970; 1972; 1978; Woodside, 1977). Bugüne kadar yapılan tüm çalışmalara rağmen bölgenin tektonik yapısı henüz tam olarak aydınlanamamıştır. Son yıllarda gelişen, GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) teknolojisi ile yapılan ölçümler levhaların hareketlerini kayma miktarları ile hassas bir şekilde ortaya çıkarmıştır (Barka ve Reilinger, 1997; Reilinger ve dig., 1997; McClusky ve dig., 2000). Ancak henüz bu teknoloji plaka sınırlarını belirlemeye yönelik araştırmalarda yetərli hassasiyeti sağlayamamaktadır.

Doğu Akdenizde, özellikle Kilikya ve İskenderun Havzalarında, gerçekleştirilen deniz sismiği araştırmalarında, (Okyar, 1991; Aksu ve dig., 1992a; 1992b; 2005a; 2005b; Ergin ve dig., 1992; Okyar ve dig., 2005) bölgenin dip altı stratigrafisi genel hatları ile meydana çıkarılmıştır.

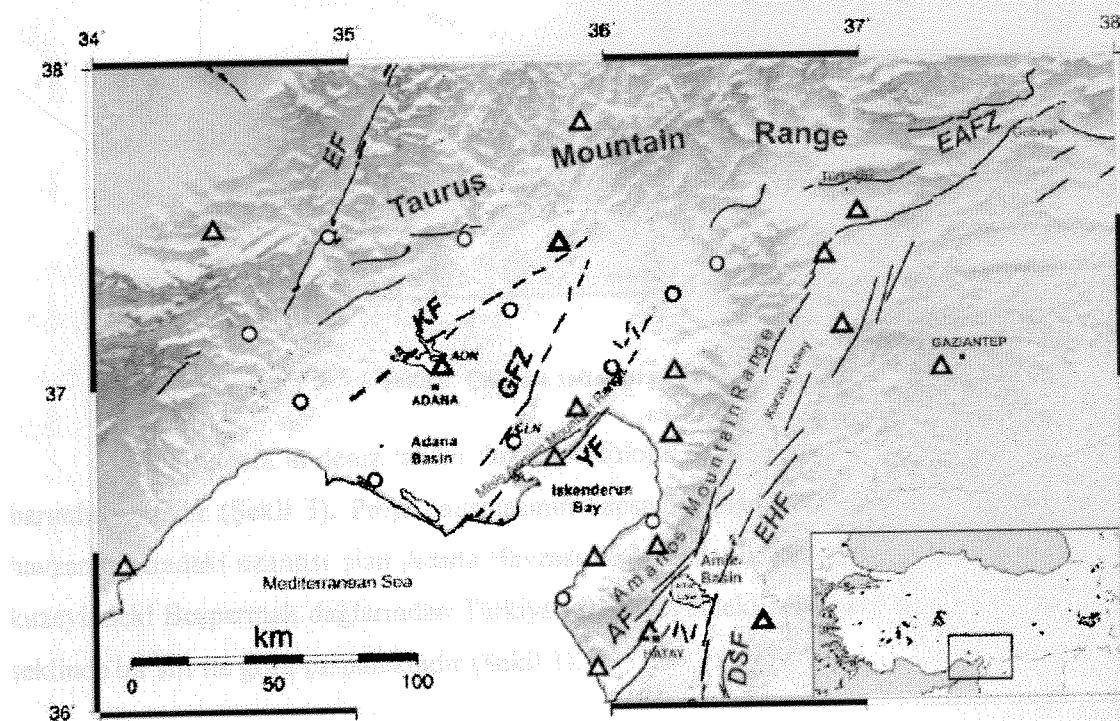
Çalışma sahasını da kapsayan Kilikya, Adana ve İskenderun havzalarında yapılan çalışmalarda Anadolu-Afrika ve Arap plaka sınırlarını oluşturan ana fayların genellikle, kuzey-kuzeydoğu yönlerinde uzanım gösteren, doğrultu atımlı birçok küçük fayı içerdiği bilinmektedir (Şaroğlu ve dig., 1987; Perinçek ve Çemen, 1990; Ergin ve dig., 2004; Westaway, 2004).

Şaroğlu ve dig. (1987), Türkiye'deki tüm diri fayları ve depremselliklerini inceledikleri raporda Karataş-Osmaniye arasında, KD-GB doğrultulu, yaklaşık 120 km uzunluğunda bir zon içinde bulunan birbirine paralel faylardan söz etmektedirler. Yine bu raporda ve bu raporun eklerinden faydanarak oluşturulan 1:1000 000 ölçekli Türkiye diri fay haritasında (MTA, 1992), zonun KD bölümünde yer alan Yumurtalık Fayı diri, zonun kuzey bölümünü oluşturan Karataş fayı ise olası diri fay olarak gösterilmiştir. Şaroğlu ve dig. (1987), 1953 yılında yaşanan Misis depreminin bu faylarla ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir.

Perinçek ve Çemen (1990), Doğu Anadolu Fay Zonu ile Ölüdeniz Fay Zonu'nun arasındaki yapısal ilişkiyi inceledikleri araştırmalarında, bölgedeki fayların Doğu

Anadolu Fay Zonu'nun güneybatı ucunu oluşturan faylar olduğunu belirtmişler, DAF'ın Akdenize yakın olan kısmında bu fayın üç ana koldan olduğunu, ilk iki kolun İskenderun Körfezinin güneyinden Amanos Fayı boyunca uzandıklarını, diğer kolun ise İskenderun Körfezi'nin kuzeyinden Misis Dağlarına paralel olarak geliştiğini ifade etmişlerdir.

Ergin ve dig. (2004) bölgede 1993-2002 yılları arasında meydana gelmiş depremleri inceleyerek bu küçük faylardan sol yönde atım gösteren Yumurtalık, Göksu ve Kozan Fayılarının aynı transform fay sistemi içinde yer aldığı belirtmişlerdir (Şekil 1). Söz konusu araştırmacılar bölgenin halen sismik aktivitesini koruduğunu da açıklamışlardır.

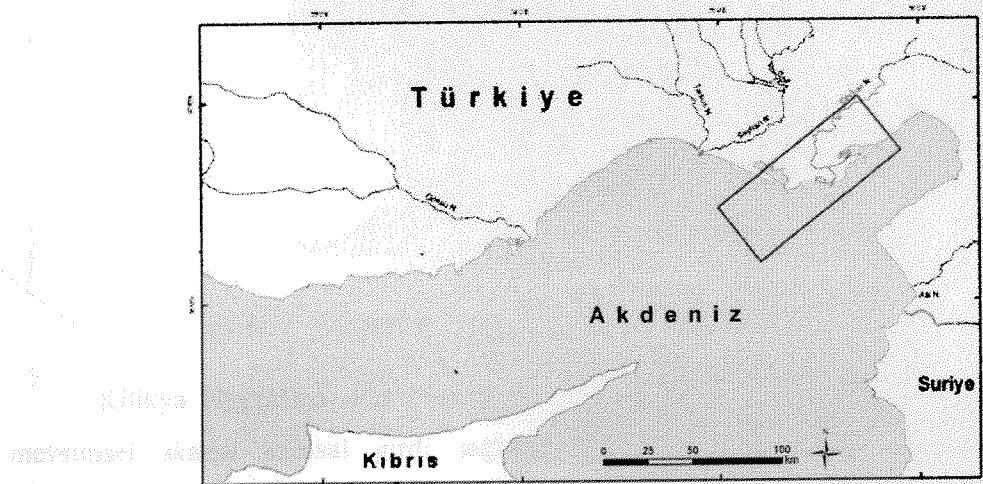


Şekil 1. TÜBİTAK tarafından izlenen sismik istasyon ağı. Δ: istasyon; KF: Kozan Fayı; YF: Yumurtalık Fayı; AF: Amanos Fayı; GFZ: Göksu Fay Zonu. Ergin ve dig (2004)'den uyarlanmıştır.

Westaway (2004), bölge için yaptığı yaptığı nicel kinematik modelde, Türkiye ile Afrika plakaları arasındaki sınırın Misis-Girne sırtı boyunca uzandığını, bunun karaya doğru iki sol atımlı fay zonu ile, Göksu ve Karataş-Osmaniye, devam ettiğini ifade etmiştir.

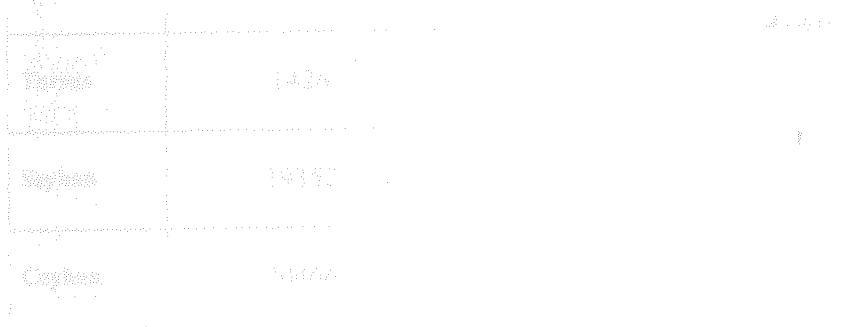
2.2. Araştırma sahası

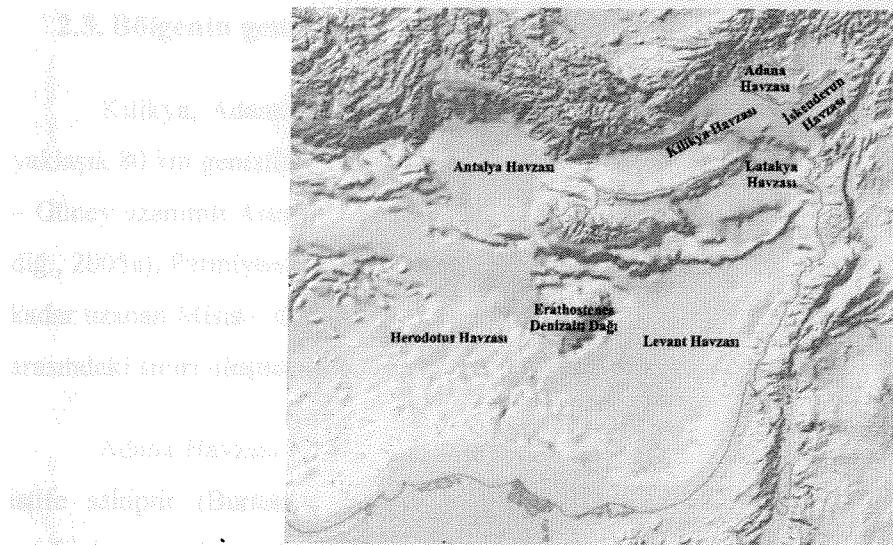
Araştırma sahası, Türkiye'nin güneyinde yaklaşık olarak 36° ve 37° kuzey enlemleri ile 35° ve 36° doğu boylamları arasında uzanan, Adana, Kilikya ve İskenderun havzalarının sınır bölgesinde yer almaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma sahnesini gösteren harita.

Doğu Akdeniz'in deniz tabanı farklı morfolojik özelliklere sahip, Neojen yaşılı, havzaları barındırmaktadır (Şekil 3). Proje çalışmasının kapsadığı alan bakımından, Kilikya Havzası, bu havzanın karadaki uzantısı olan Adana Havzası ile İskenderun Havzası arasındaki sınır, Kıbrıs'ın kuzeyindeki Beşparmak dağlarından Türkiye'nin güneyindeki Misis dağlarına kadar uzanan, yay şeklinde bir sırt ile göze çarpmaktadır (Şekil 3).





Şekil 3. Doğu Akdeniz'in morfolojik haritası.

Kilikya Havzasına dört önemli nehir (Ceyhan, Seyhan, Tarsus ve Göksu) ile birçok mevsimsel akarsu karasal girdi sağlamaktadır (Şekil 2). Nehirler Kilikya Havzasında, döküldükleri yerlerde büyük delta birikimleri oluşturmuşlardır. Ceyhan, Seyhan, Göksu ve Tarsus nehirleri Adana, Kilikya ve İskenderun Havzalarına yılda ortalama $13,315 \times 10^3$ ton sediman girdisi sağlamaktadırlar (Aksu ve dig., 1992a). Bu çalışmadaki araştırma sahası Tarsus, Seyhan ve Ceyhan nehirlerinin etkisi altında olduğundan bu nehlere ilişkin bilgiler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Araştırma sahası civarındaki nehirler (EİE, 1982; 1984).

Nehirler	Drenaj alanı (km^2)	Yıllık Ortalama Debi (m^3/s)	Yıllık Sediman Taşınımı (kg/s)
Tarsus	1426	42	4,1
Seyhan	19352	274	164,4
Ceyhan	20466	303	173,2

2.3. Bölgenin genel jeolojisi

Kilikya, Adana Havzaları Kıbrıs ile Toros Dağları arasında kalan, kuzeydoğu yönelikli, yaklaşık 80 km genişlikte, 280 km uzunlukta bir depolanma merkezidir. Bu havzalar batıda Kuzey – Güney uzanımlı Anamur – Kormakiti Zonu ile Antalya Havzasından ayrılmaktadır (Aksu ve dig., 2005a). Permiyen – Miyosen yaşlı Beşparmak Dağları'ndan, Miyosen yaşlı Misis Dağları'na kadar uzanan Misis – Girne Zonu ise, doğuda İskenderun Havzası ile Kilikya ve Adana Havzaları arasındaki sınırı oluşturur.

Adana Havzası Miyosen'den Kuvaterner'e uzanan 6000 metre kalınlığında bir sedimanter istifesi sahiptir (Burton-Ferguson ve dig., 2005). Havza jeolojik açıdan birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Özer ve dig., 1974; Yalçın ve Görür, 1984; Görür, 1985). Bu çalışmalarдан elde edilen bilgilere göre havzanın temelini Torosların ve Misis Dağlarının deformesinde bulunan Paleozoyik – Mesozoyik yaşlı kayaçları ile ofiyolitik serileri oluşturmaktadır. Alt Miyosen'de, güneydoğudan gelen bir transgresyonla kalınlığı 300 metreyi bulan konglomera, kumtaşı ve silttaşrı ardalanması düzensiz bir topografya üzerine çökelmiştir. Bu istifeler üzerinde kalınlıkları 100 – 350 metre arasında değişen sıçan denizel kireçtaşları yer almaktadır. Adana Havzasına asıl büyük depolanma Langiyen – Serravaliyen'de gerçekleşmiş, neritik kireçtaşları üzerine kalınlığı 3000 metreyi aşan siliklastik türbiditler ve derin deniz şeylleri çökelmiştir (Şekil 4). Erken Tortoniyen'de başlayan regressif çökelme dönemi, Messiniyen'de kalınlığı 100 – 900 metre arasında değişen evaporit birimlerinin oluşumuyla son bulmuştur. Pliyosen'de yeni bir deniz transgresyonu ile havzaya 400 – 450 metre kalınlıkta sıçan denizel kireçtaşları, kumtaşı ve şeyl çökelmiştir. Havzanın büyük bölümü Geç Tersiyer birimlerin üzerine gelen Kuvaterner birimler (alüvyon, traverten, vb) ile örtülmüştür (Şekil 4). Kuvaterner birimlerin kalınlıkları bölgeden bölgeye farklılıklar göstermektedir. Seyhan Nehri civarında açılan kuyularda bu birimin kalınlığının 1 km'den fazla olduğu gözlenmiştir (Schmidt, 1961).

Adana Havzasının denizel uzantısı olan Kilikya Havzasında açılan araştırma kuyularında 500 – 1000 metre kalınlıktaki Messiniyen evaporitlerinin 1000 metre kalınlıktaki Alt Miyosen yaşlı siliklastik birimin üzerini örttiği belirlenmiştir. Kalınlığı 300 – 2000 metre arasında değişen Plio-Pleistosen yaşlı deltayik istifin ise evaporitlerin üzerini örtmüştür (Aksu ve dig., 2005b).

diğ., 1992a). Kilikya Havzasından alınan sismik kesitlerde en genç birimin kalınlığının havzanın orta kesiminde 1000 metre'ye ulaştığı ve bu birimin yarattığı ağırlığa bağlı olarak bu bölgede tuz tektoniğinden kaynaklanan yapılar gözlenmiştir (Smith, 1977).

Kilikya ve Adana Havzalarının doğusunda yer alan İskenderun Havzası kuzeydoğu – güneybatı uzanımlı büyük bölümü denizel olan bir depolama merkezidir. Havzanın denizel kısmında yapılan sondajlarda serpentinit üzerinde, kalınlığı 2000 metreyi bulabilen, genellikle siliklastik türbiditlerden oluşan, Langiyen'den günümüze kadar olan devreyi kapsayan bir istif yer almaktadır. Ofiyolitik temel, batıdaki Misis – Girne yükseltisine doğru kalınlaşarak, 3000 metrelük bir kalınlığa ulaşmaktadır (Karig ve Kozlu, 1990). İskenderun Körfezi'ne en önemli karasal girdiyi temsil eden Ceyhan Nehri delta komplekslerinin, geniş kıyı alanlarının, birçok farklı türde lagünün, bataklık alanlarının, vb. yapıların oluşmasını sağlamıştır (Bal ve Demirkol, 1987).

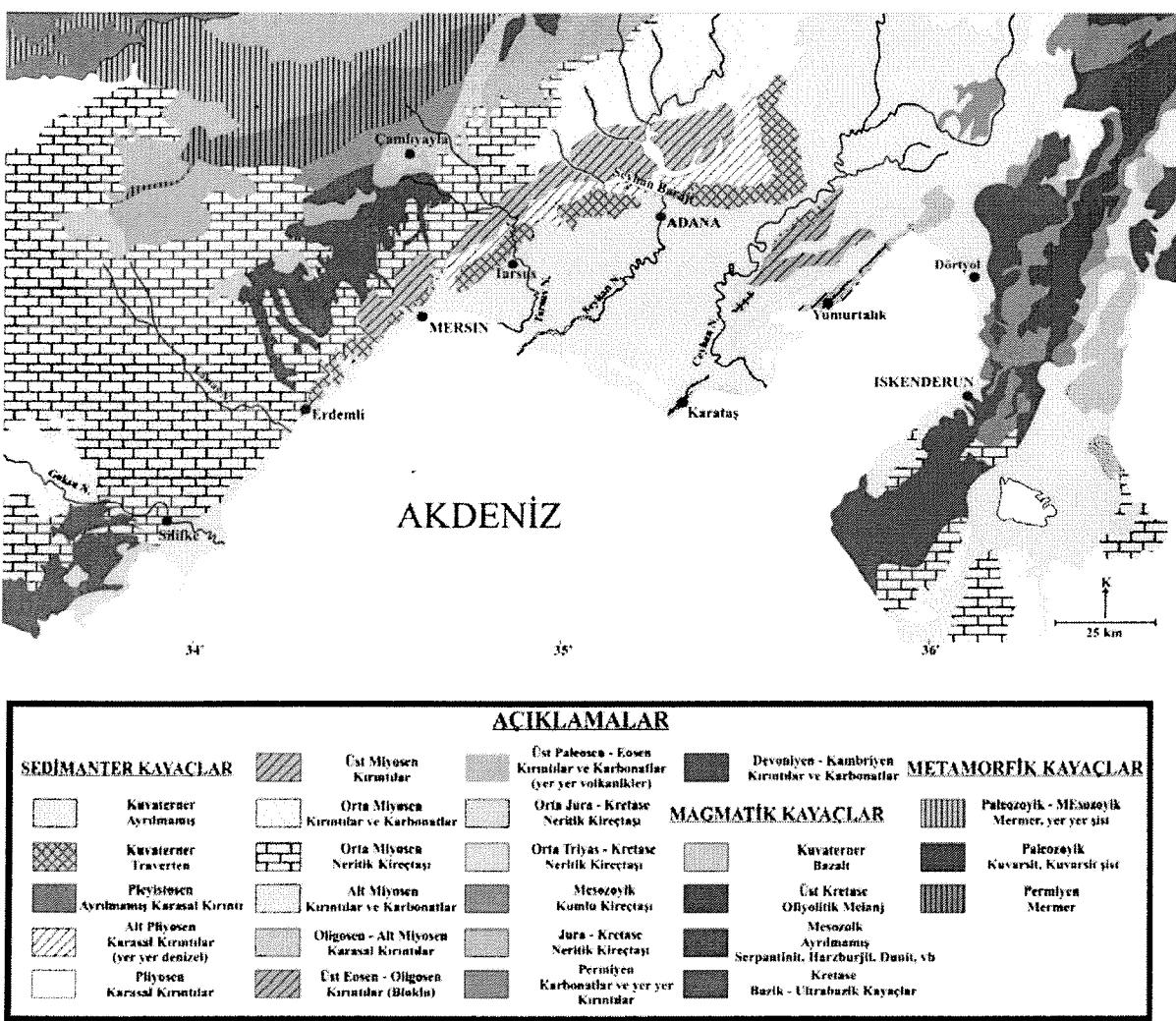
İskenderun Havzasının kuzeydoğusundaki karasal uzantısı olarak yorumlanan Dörtyol Ovası geniş bir alanda yüzeylenmiş Kuvaterner yaşılı volkanikleri içermektedir (Kozlu, 1987).

İskenderun Körfezi'nin güneyinde kalan bölgedeki formasyonlar Aslaner (1973), Tolun ve Pamir (1975) tarafından rapor halinde sunulmuştur. Bu bölgede kalınlığı 3000 metreyi bulan Kretase yaşılı ofiyolitler, bazik (çoğunlukla gabro, amfibolit, diabaz ve basalt) ve ultrabazik (çoğunlukla dünit, harzburjıt ve dünit) kayaçlarla temsil edilmiştir. Orojenik depolanma alanı olarak yorumlanan bu bölge, ilerleyen delta hareketlerine bağlı olarak, Plio-Kuvaterner'de kalın bir sediman tabakasıyla örtülmüştür (Tolun ve Pamir, 1975; Şekil 4).

Mersin bölgesinde hakim olan litolojiler genel olarak sedimanter kayaçlardan meydana gelmiştir. İç kesimlerde kalan bölgelerde genellikle sıç denizel sedimanter kayaçlar mostra vermektedirler (Şekil 4). Permiyen – Mesozoyik yaşılı kireçtaşı – çamurtaşı – marn dizilimi geçiş ortamı özelliğini yansımaktadır (Ternek, 1953; 1957). Bazı bölgelerde Üst – Jura transgresyonunu gösteren kireçtaşı birimleri izlenmiştir (Tekeli ve Göncüoğlu, 1984). Senonyen'de bölgedeki temel üzerine daha ziyade ofiyolitik karmaşıktan oluşan birim yerleşmiştir. Genel olarak, Tersiyer'de konglomera, kumlu kireçtaşı, marn, kumlu marn, kumtaşı ve kireçtaşı birimlerinin, Oligosen'de ise filiç çökeliminin gerçekleşmiş olduğu ifade edilmiştir.

Kıyısal kesimde geniş bir bölgede yüzlek veren Miyosen kireçtaşları, uyumsuzluk yüzeyi ile, yaşılı birimlerin üzerini örtmektedir (Pampal ve Kurtman, 1984; Şekil 4).

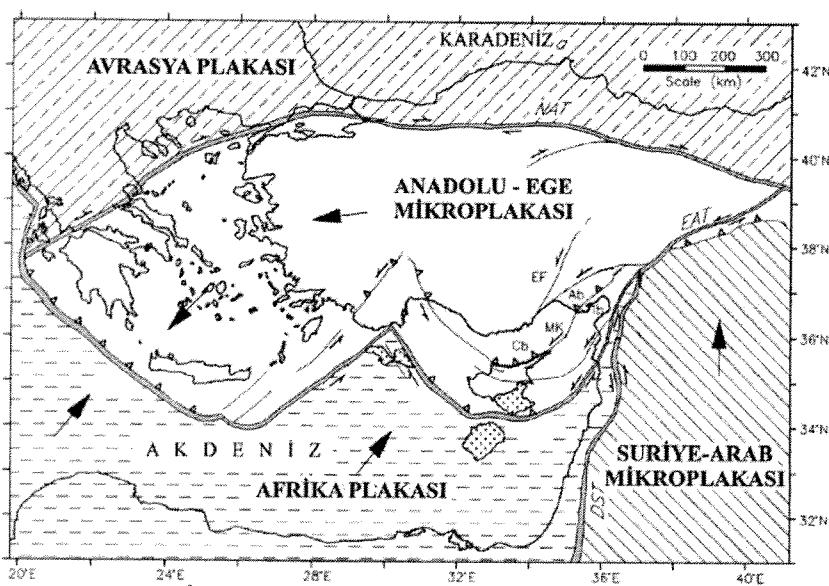
Göksu Deltası'nın batısında kalan bölgede karbonatlı ve kırıntılı kayaçlardan oluşan, Devoniyen'den Kretase'ye kadar yaştaki, birimler yüzeylenmektedirler (Şekil 4). Şeyl ve kumtaşlarının çoğunlukla Devoniyen'de, kireçtaşlarının önemli bir kısmının ise Karbonifer ve Mesozoyik'te çökelmiş oldukları açıklanmıştır (Ketin, 1966; Baird, 1971; İlhan, 1971).



Şekil 4. Bölgenin genel jeolojik haritası ve açıklamaları (MTA, 2002'den uyarlanmıştır).

2.4. Bölgenin genel tektonik yapısı

Araştırma sahasının tektonik yapısı, Doğu Akdeniz'in genel tektonik yapısıyla yakından ilişkilidir. Doğu Akdeniz'i oluşturan levhalar, levha sınırları ve bu sınırlara bağlı gelişen yerel fay sistemleri Kilikya, Adana ve İskenderun havzalarının tektonizması üzerinde etkin bir rol oynamaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Doğu Akdeniz'in tektonik haritası (Aksu ve dig., 2005a'den uyarlanmıştır).

Türkiye ve çevresinde aktif tektonik hareketler Avrasya, Afrika levhaları ile Anadolu ve Arap mikro-levhalarının etkileşimlerinin bir sonucudur (Şekil 5). Levha tektoniği çalışmaları (Reilinger ve dig., 1997; McClusky ve dig., 2000, 2003) Afrika levhasının kuzey-kuzeydoğu istikametinde yılda ortalama 10 mm, Arap mikro-levhasının ise kuzey-kuzeybatı istikametinde yılda ortalama 18 mm hareket ettiğini açıklamaktadır. Farklı hızlarda hareket eden bu iki levhanın sınırında ise Ölüdeniz Fayı (ÖDF) yer almaktadır. 1000 km uzunluğundaki sol atımlı ÖDF, Kızıl Deniz'den Türkiye'nin güneyine kadar uzanmaktadır.

Afrika ve Arap levhalarının hareketleri sonucu, zorlama altında kalan Anadolu mikro-levhası, Kuzey Anadolu Fay'ı (KAF) ve Doğu Anadolu Fay'ı (DAF) boyunca tektonik olarak batıya doğru kaçma eğilimindedir (Şengör ve dig., 1985; Dewey ve dig., 1986). KAF ve DAF,

Anadolu'nun doğusunda, Karlıova civarında birleşmektedirler (McKenzie 1970; Şengör ve dig., 1985; Bozkurt 2001).

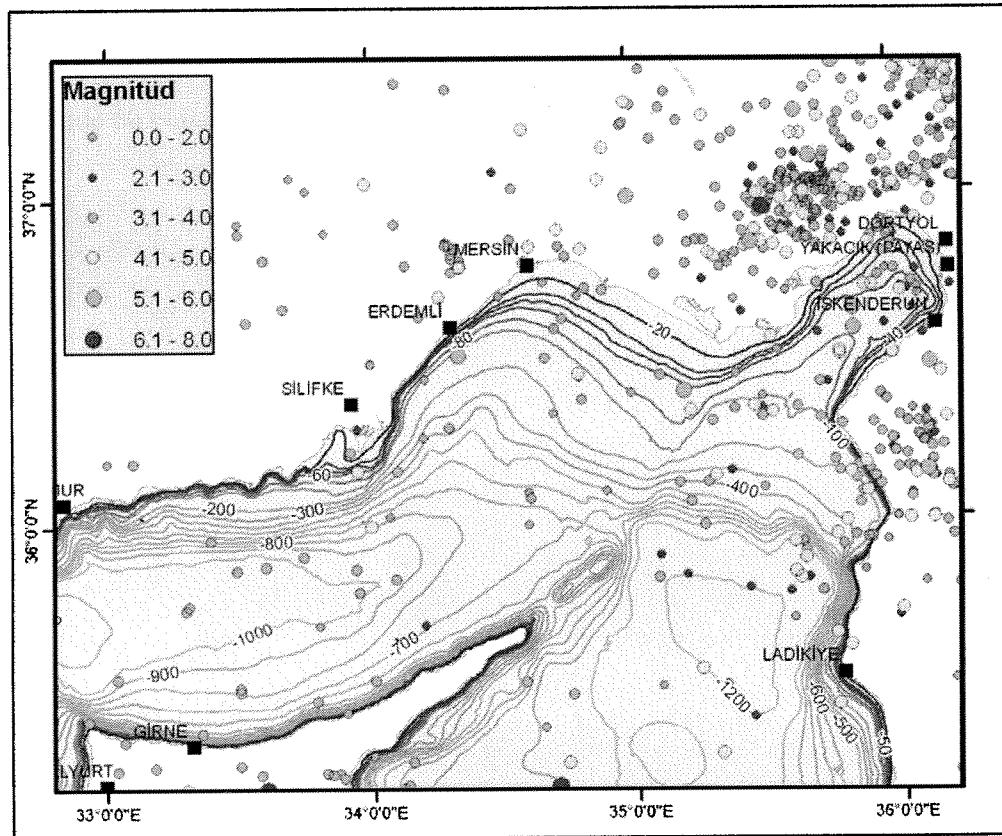
DAF, 550 km uzunluğunda, genel olarak kuzeydoğu-güneybatı yönelimli, birbirine hemen hemen paralel faylardan oluşan bir fay zonudur. En kuzeyde Karlıova civarında KAF ile "Triple Junction" oluşturur (Şengör ve dig., 1985; Dewey ve dig., 1986; Westaway, 1994; Bozkurt 2001). Güneyde ise DAF ile Ölüdeniz Fay zonu, Kahramanmaraş civarında birbirlerine yaklaşırlar (Perinçek ve Çemen, 1990). Bu iki fay zonunun birbirlerini kesip kesmedikleri hala tartışma konusudur. Bazı araştırmacılar bu fay zonlarının birbirleriyle kesişip, Arap, Africa ve Anadolu levhalarının arasında bir "Triple Junction" oluşturduğunu öne sürmektedirler (Şengör ve dig., 1985; Dewey ve dig., 1986; Westaway, 1994; Bozkurt 2001). Buna karşın diğer araştırmacılar Doğu Anadolu Fay zonunun ÖDF ile bağlantısının olmadığını, DAF'in güneybatı doğrultusunda Osmaniye, Yumurtalık ve İskenderun Körfezi üzerinden Kıbrıs'a kadar uzandığını iddia etmektedirler (Hempton, 1987; Taymaz ve dig., 1991; Westaway, 1994; Westaway ve Arger, 1996; Arger ve dig., 2000).

2.5. Bölgenin sismik aktivitesi

Araştırma sahasının yer aldığı Adana, Kilikya Havzaları ve civarı, bu çalışmanın konusu olan faylarla da bağlantılı olarak sürekli olarak birçok irili ufaklı depremlere maruz kalmaktadır (Şekil 6).

6.1. Karatay
Marmaralı'dan alınan
deprem frekans dağılımı

6.2. Karatay
Marmaralı'dan alınan
deprem frekans dağılımı



Şekil 6. 1900-2004 Yılları arasında bölgede kaydedilmiş depremler ve magnitüdleri (Veriler Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nden alınmıştır.)

B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi'nden alınan deprem verilerine göre (Şekil 6) bölgede son 60 yılda büyüklüğü 4'ün üzerinde birçok deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerden önemli olanları

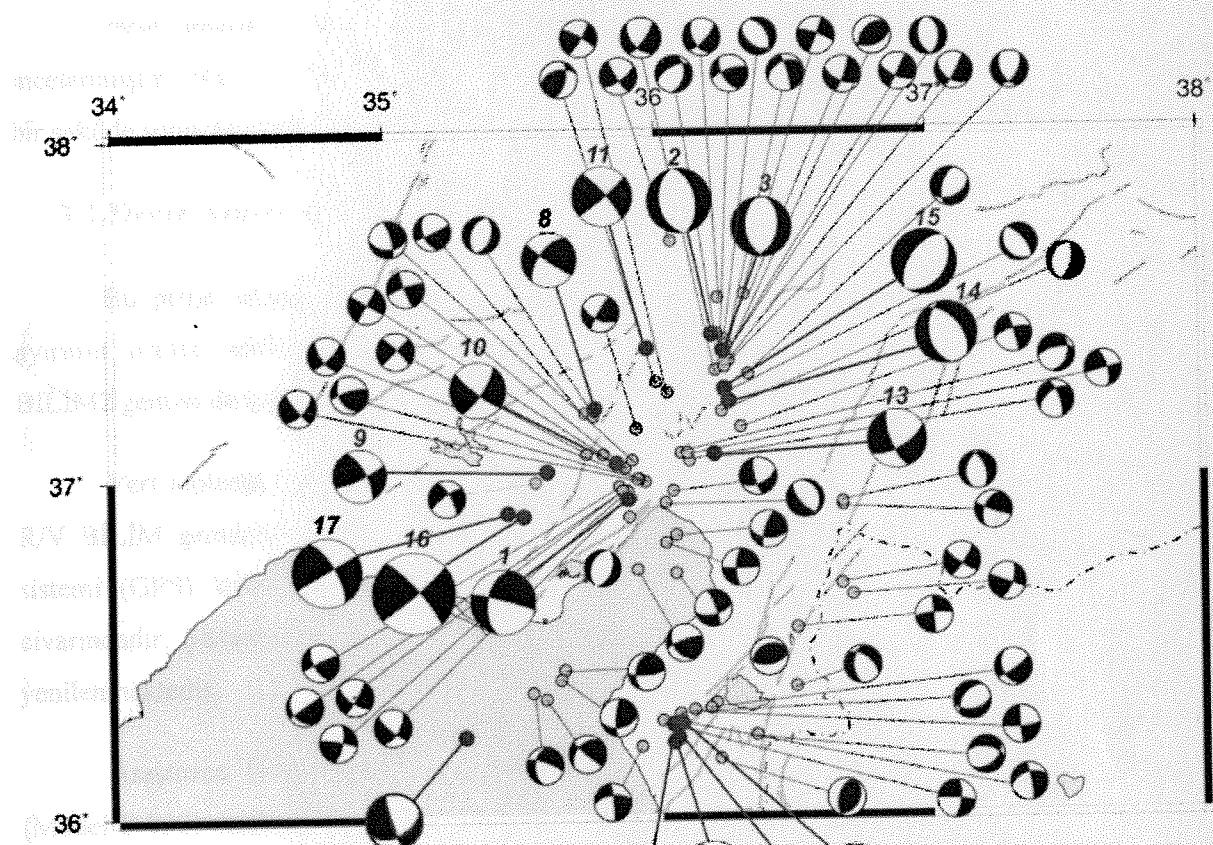
Tablo 2'de sıralanmıştır. Ayrıca tarihsel kaynaklardan derlenen verilere göre 12. ve 13. yüzyıllarda IX şiddetinde depremler olduğu, bunlardan 1268 yılında Kozan-Ceyhan'da meydana gelen depremde 60 bin cay kaybı olduğu öne sürülmektedir.

Tablo 2. Bölgede meydana gelmiş önemli depremler (Bu tablodaki veriler BÜ Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nden alınmıştır).

Tarih	Saat	Lokasyon	Derinlik(km)	Magnitude	Bölge
20.03.1945	09:58	37.11°K – 35.70°D	60	6	Ceyhan-Misis
22.10.1952	19:00	37.25°K – 35.65°D	70	5.6	Ceyhan-Misis
07.04.1967	18:33	37.36°K - 36.24°D	32	4.8	Ceyhan
28.12.1979	3:09	37.52°K - 35.85°D	47	5.1	Kozan
24. 06.1989	3:09	36.71°K - 35.93°D	46	4.9	İskenderun
10. 04.1991	1:08	37.31°K - 36.14°D	33	5.2	Kadirli
03.01.1994	21:00	37.00°K - 35.84°D	26	5	Ceyhan
10.02.1994	6:15	36.97°K - 35.83°D	17	4.9	Kurtkulağı
27.06.1998	13:55	36.96°K - 35.52°D	18	6.3	Ceyhan
04.07.1998	2:15	36.85°K - 35.47°D	35	5.1	Ceyhan
17.01.2001	12:09	37.07°K – 36.20°D	9.6	4.9	Osmaniye

Bölgesel sismik ağ kullanılarak yapılan araştırmada (Ergin ve diğ., 2004), geçen 10 yıllık sürede yoğun sismik aktivitenin varlığı ortaya konulmuştur. Misis-Andırın yükseltilerin kuzey etekleri boyunca uzanan Göksun Fayı ile güney etekleri boyunca, İskenderun Körfezi'ne paralel uzanan Yumurtalık Fayı, genel olarak bu sismik aktivitenin kümelendikleri yerler olarak göze çarpmaktadır. Bu faylar civarında olan depremlerin diğer yerlere göre oldukça derinde meydana geldiği açıklanmıştır (Aktar ve diğ., 2000; Ergin ve diğ., 2004).

Ergin ve diğ. (2004), meydana gelen depremlerin fay çözümlemeleri sonucunda, genel olarak bölgede küçük bir normal bileşeni bulunan doğrultu atımlı fay sisteminin etkin olduğunu ileri sürmektedirler (Şekil 7).



Şekil 7. Bölgede meydana gelmiş depremlerin odak çözümlemeleri . Numaralı depremlerin parametreleri ve ayrıntılı bilgi için Ergin ve diğ. (2004)' e bakınız.

oynamakla, oynamak
özelindeki, kendi
öte-geç oynamaktır.
öynaması ve bu da
kodak film kullanı
yaklaşık 1000 adet
hazırlanmış, sınırlı

3. Gereç ve Yöntemler

3.1. Bulgu Derleme

Proje amacına yönelik olarak bölgede daha önce gerçekleştirilmiş olan araştırmalar incelenmiştir (bkz. 2.1 Önceki Çalışmalar). Bu bilgilerin ışığı altında da proje çalışması sağlıklı bir şekilde sonuçlandırılmıştır.

3.2. Deniz Araştırmaları

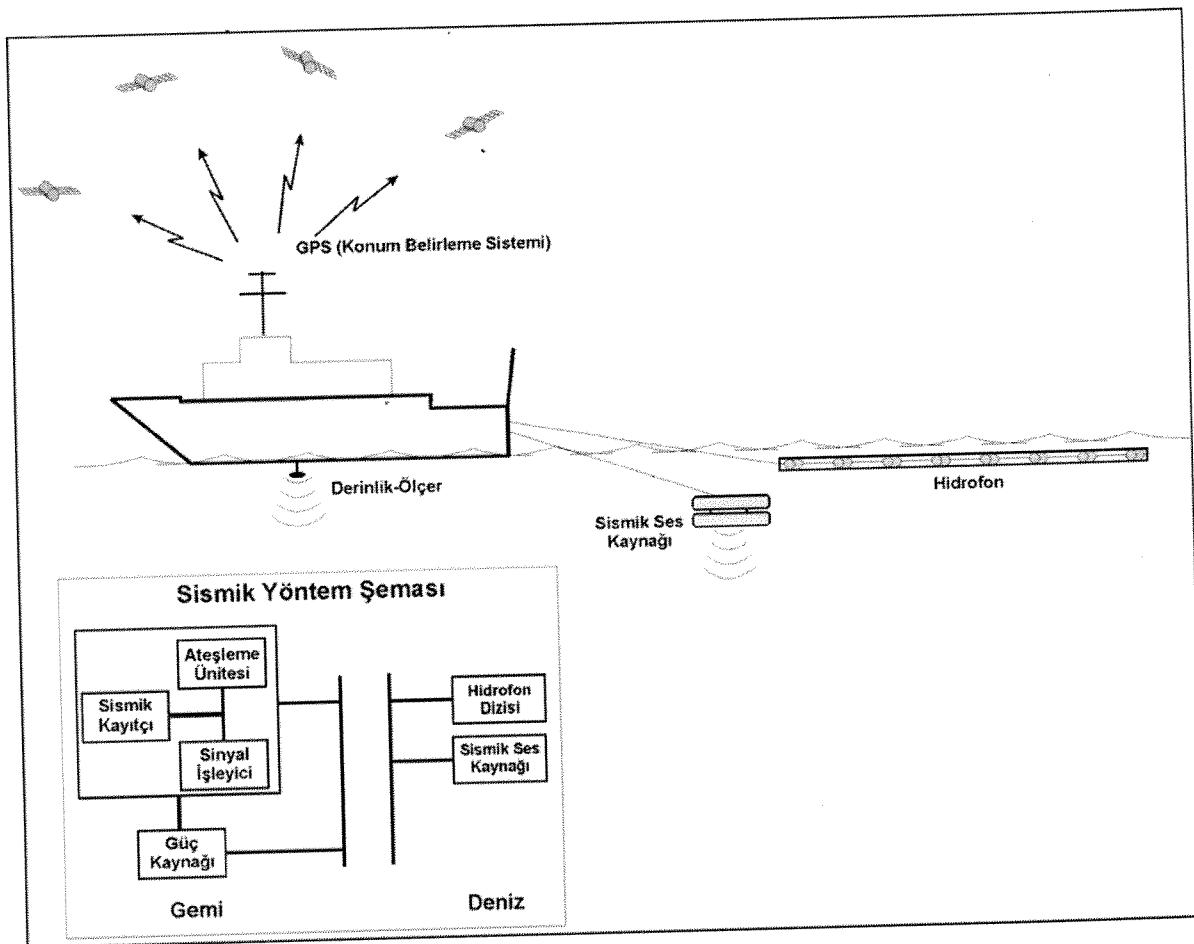
Bu proje kapsamında gerçekleştirilen deniz araştırmalarına ilişkin derinlik ve yüksek ayırmalı sismik veriler Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsüne ait R/V BİLİM2 gemisi ile toplanmıştır.

Veri toplama esnasında, geminin rotasının ve istenilen andaki mevkisinin saptanmasında, R/V BİLİM gemisine monte edilmiş olan Trimble (NT200D) marka küresel konum belirleme sistemi (GPS) kullanılmıştır. Bu sistem 12/24 VDC ile çalışmakta olup hassasiyeti $+3\text{ m}$ civarındadır. Sistemin veri kazanç süresi 1 dakikanın altında olup, veriler 1 saniye aralıklarla yenilenmektedir.

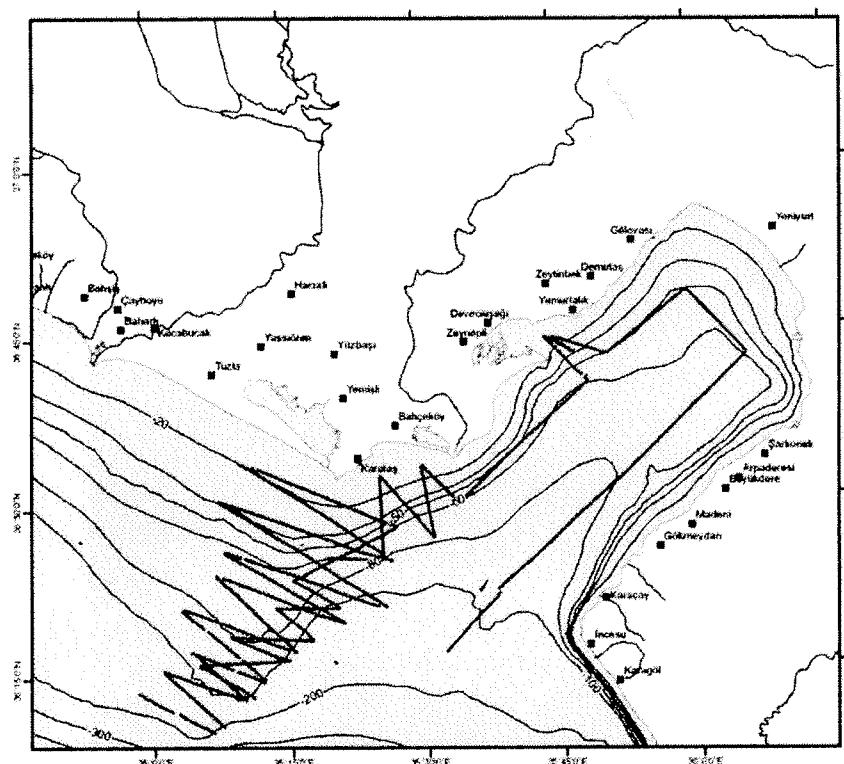
Araştırma bölgesindeki derinlik okumaları, R/V BİLİM2 gemisine monte edili, JMC (Model F-830) marka derinlik ölçer cihazı kullanılarak elde edilmiştir. Bu cihaz 2600 m lik su derinliğine kadar çalışma kapasitesine sahiptir. Ayrıca sistemin, çalışma koşullarına göre seçilebilen ve farklı frekanslara (28 ve 200 kHz) sahip olan tranducerini bulunmaktadır. Derinlik ölçümüne etkileyen en önemli iki faktör, su kolonundaki ses hızı değişimleri (deniz suyunun tuzluluğuna, sıcaklığına ve derinliğe bağlıdır) ile gel-git olaylarının yarattığı su seviyesi değişimleridir. Derinlik ölçümü sırasında, ortalama $1500\text{ m/sn}'\text{lik}$ ses hızı değeri baz alınmıştır. Gel-git olaylarından kaynaklanan değişimler ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsündeki su eşeli ile ölçülmüş ve bu değişimlerin $\pm 25\text{ cm}$ civarında olduğu belirlenmiştir. Bu değişim değeri ise çok küçük olup cihazın hata sınırları içinde kalmaktadır. Araştırma sahasındaki derinlik değerleri, yüksek ayırmalı sismik yansıtma profillerine ait tüm hatlar (Şekil 9) boyunca ölçülmüştür. Derinlik haritasının çiziminde derinlik ölçerden elde edilen değerlere ilave olarak, Seyir Hidrografı ve

Oşinografi Dairesi Başkanlığı tarafından üretilen haritalardaki (SHOD, 1984, 1987, 1990) derinlik değerleri de gözönüne alınmış ve böylelikle çalışma sahasının batimetrik haritası detaylı olarak hazırlanmıştır (Şekil 9).

Çalışma sahasındaki deniz tabanının dip altı yapısını araştırmak amacıyla, Şekil 9 da konumları belirlenen tüm hatlar boyunca EG&G Uniboom sığ sismik sistemi kullanılarak yüksek ayırmalı sismik yansımaları elde edilmiştir. Sistem, güç kaynağı (Model 234), tek plakalı ses kaynağı (Model 230-1), sekiz elemanlı hidrofon dizisi (Model 265) ve bir sismik kayıtcı (Model 255) cihazdan oluşmaktadır. Sistemin çalışma ilkesi şematik olarak Şekil 8'de açıklanmaktadır.



Şekil 8. Gemide derinlik ve konum belirleme sistemleri ile sismik yansımalarının şematik gösterimi.



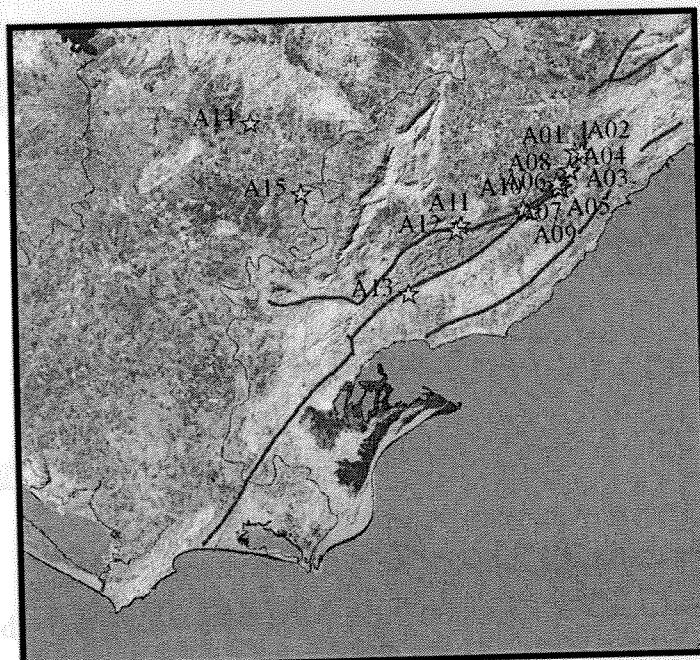
Şekil 9. Çalışma sahanının batimetri haritası. Kırmızı çizgiler çalışma sırasında toplanan derinlik ve sismik profillerin konumunu göstermektedir.

Araştırmada toplanan sismik veriler sismik stratigrafik yöntemler kullanılarak yorumlanmıştır. Sismik stratigrafik yöntem, sismik yansımaya kesitlerinden faydalananarak jeolojik bilgilerin stratigrafi kullanımıyla elde edilmesi ilkesine dayanmaktadır (Mitchum ve dig., 1977a, b; Sangree ve Widmier, 1977, 1979; Vail ve dig., 1977; Brown ve Fisher, 1977, 1980; Posamentier ve dig., 1988; Posamentier ve Vail, 1988; Van Wagoner ve dig., 1988).

3.3. Kara Çalışmaları

Bu proje kapsamında düzenlenen arazi çalışmasında, MTA'nın 1:500 000 ölçekli jeoloji ve 1:1 000 000 ölçekli diri fay haritasında yer alan Karataş-Osmaniye Fay Zonu boyunca belirli lokasyonlardan sayısal fotoğraflar çekilmiştir. Bu fotoğraflar daha sonra yanyana getirilerek panoramik görüntü elde edilmiştir. Ayrıca resim çekilen yerlerin koordinatları Landsat uydu görüntüsü üzerine işaretlenmiştir (Şekil 10). Panoramik görüntüler ve lokasyon haritası bu

raporun ekinde verilen CD'de yer almaktadır. Sayısal fotoğrafların çekiminde TÜBİTAK tarafından bu proje kapsamında kullanılmak üzere satın alınan HP Photosmart M417 marka ve model fotoğraf makinası kullanılmıştır.

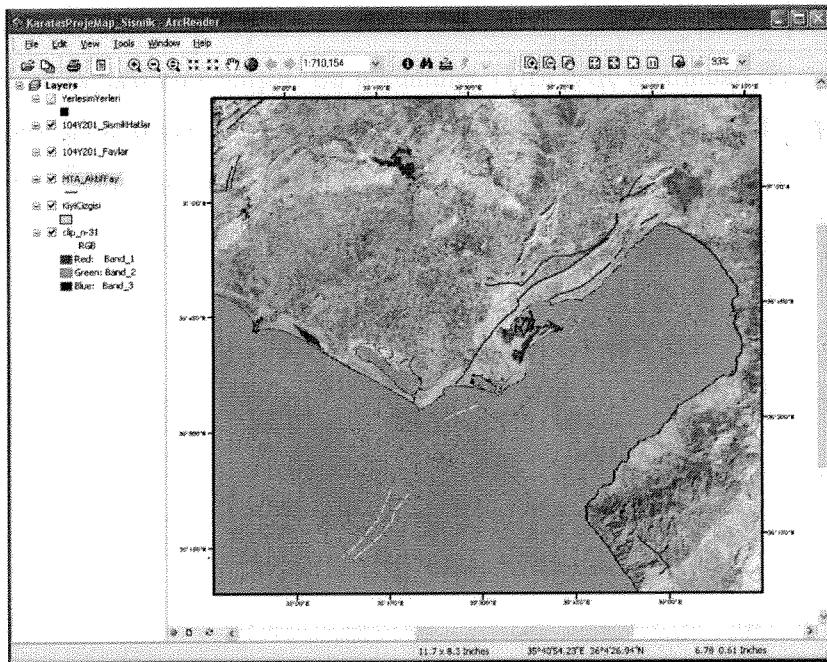


Şekil 10. Kara çalışması sırasında resim çekilen yerlerin lokasyon haritası.

Karataş-Örennecik Fay Zona

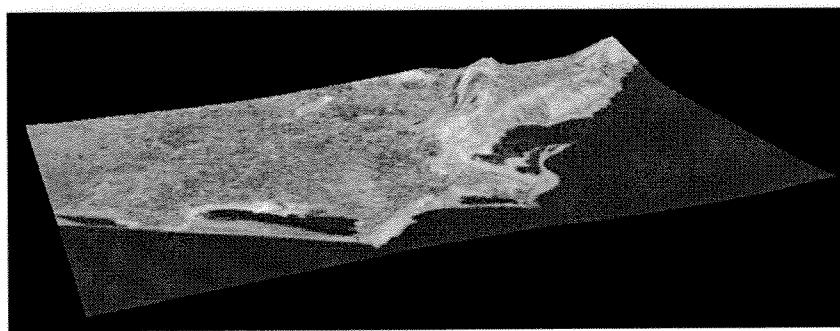
3.4. Bilgisayar Donanımı ve Yazılım Programları

Bu proje kapsamında toplanan tüm veriler ve The Global Land Cover Facility (GLCF)'den ücretsiz olarak temin edilen bölgeye ait Landsat uydu görüntüsü, ArcGIS 9.1 Coğrafi Bilgilendirme Sistemi yazılımı kullanılarak bir araya getirilmiştir. Yine ArcGIS yazılımının bir ekentisi olan ve bu proje kapsamında TÜBİTAK tarafından satın alınan ArcPublisher ile tüm bu veriler herkesin kendi bilgisayarında kullanabilecegi şekilde bir formata dönüştürülmüş ve CD'ye yerleştirilmiştir (Şekil 11). Bu programı kullanabilmek için, yine CD'de bulunan ücretsiz ArcReader yazılımının kurulması gerekmektedir (Şekil 11). Ayrıca kullanıcı isterse bu program aracılığı ile yazıcıdan çıktı alabilir.



Şekil 11. ArcReader yazılımı ile kullanılabilen interaktif harita.

Landsat uydu görüntüsü, bu proje kapsamında TÜBİTAK tarafından satın alınan Image Analyst for ArcGIS programı ile yine TÜBİTAK tarafından Harita Genel Komutanlığı'ndan satın alınan sayısal yükseklik verilerinin üzerine giydirilmiş ve ArcScene programı kullanılarak Karataş-Osmaniye Fay Zonu'nun üç boyutlu bir görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 12). Bu görüntüde Karataş-Osmaniye Fay Zonu'na ait çizgisellikler son derece ayrıntılı olarak takip edilmektedirler.

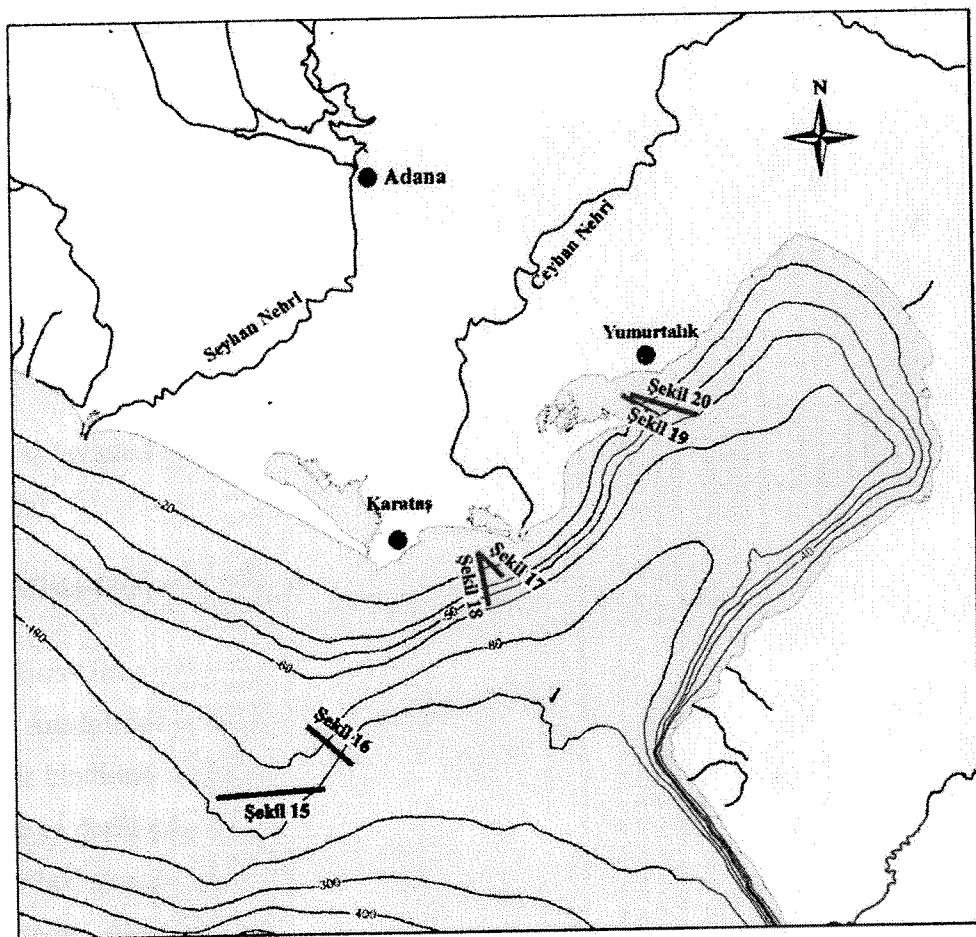


Şekil 12. Landsat uydu görüntüsünün sayısal yükseklik verilerine giydirilerek oluşturulan üç boyutlu görüntü.

Bu araştırma sırasında toplanan sismik kayıtların bazıları, yüksek çözünürlüğe sahip tarayıcı kullanarak sayısallaştırılmıştır. Bu görüntüler TÜBİTAK tarafından bu proje kapsamında kullanılmak üzere satın alınan HP Designjet 500 model çizici kullanarak A1 boyuttaki kağıtlara aktarılmış ve proje raporunun ekinde sunulmuştur.

4. Bulgular

Proje kapsamında gerçekleştirilen sismik çalışmadan elde edilen bulgular bölgesel olarak üç grupta incelenebilir. Birincisi Karataş açıklarında elde edilen sismik kayıtlardan takip edilen Beşparmak dağları ile Misis dağılarını birbirine bağlayan deniz altı sırtı (Misis-Girne Fay Zonu), ikincisi Ceyhan Nehri ağzına yakın kesimde toplanan sismik kayıtlarda görülen ve Yumurtalık fayının devamı olduğu düşünülen faylar (Karataş – Ceyhan Nehir ağzı arası), son olarakda Yumurtalık körfezi içinde toplanan sismik kayıtlarda belirgin olan Yumurtalık Fayı (Yumurtalık Körfezi).



Şekil 13.Rapordaki sismik profillerin yerbulduru haritası.

Sismik çalışma sırasında karşılaşılan zorluklardan en önemlisi, bölgenin önemli akarsuları (Tarsus, Seyhan ve Ceyhan) tarafından taşınan sedimanlar tarafından kaplanmış olmasıdır. Bu kalın sediman örtüsü özellikle kıyıya yakın yerlerde dipaltnın ortalama 50 metreyi aşan derinliklerinden sismik yansımıya almayı zorlaştırmıştır.

Araştırma sahasında toplanan sismik kayıtların hepsinde belirgin bir yansımaya yüzeyi ile alttaki istiflerden ayrılan bir birim (GS) yorumlanmıştır (Şekil 15- Şekil 20). Üst sınırını bugünkü deniz tabanının oluşturduğu ve güncel sedimanların yer aldığı bu birimin Holosen transgresyonunda çökelmeye başladığına inanılmaktadır. Daha önce bölgede yapılmış çalışmalarla korole edildiğinde bu tabakanın Aksu ve dig. (1992b)'nin belirledikleri "DS1" isimli birim olduğu düşünülmektedir.

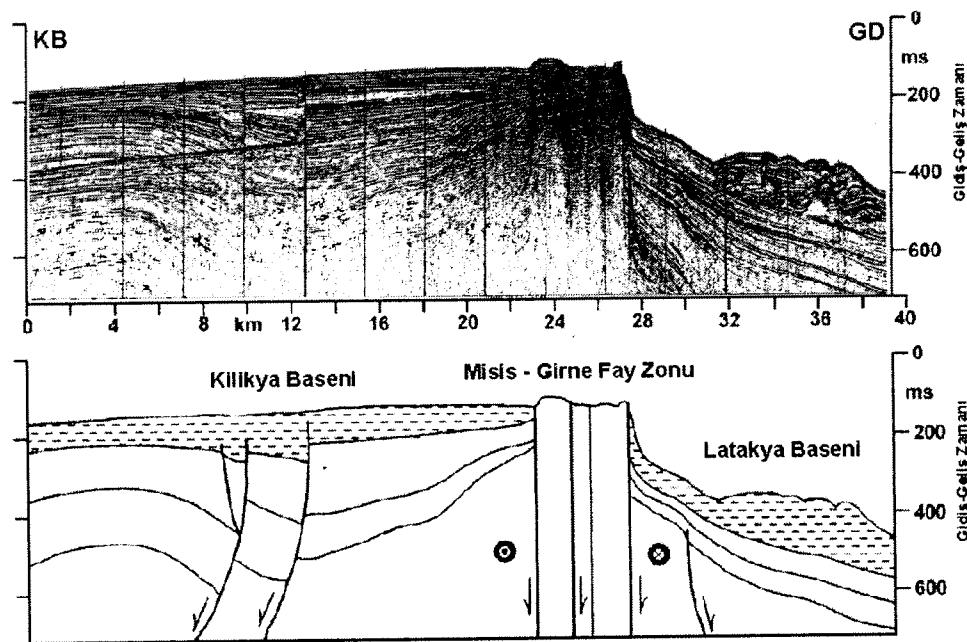
Bu güncel tabaka Seyhan, Ceyhan ve Tarsus nehirlerinin yüksek sediman taşıma kapasitesinden kaynaklı bir delta sistemi içinde yer almaktadır. Genellikle birbirine paralel serilerden oluşmaktadır. Kıyıya yakın yerlerde bu birimin tabaka kalınlığı oldukça fazla olmakla birlikte açıklarda ince bir tabaka halinde devam etmektedir. Aksu ve dig. (1992b)'ne göre bugünkü delta birikiminin oluşturduğu platform en geniş ve en sıçrık olarak bugünkü Tarsus, Seyhan ve Ceyhan nehirlerinin ağızları ile Karataş ve Yumurtalık açıklarında bulunmaktadır.

Yaş tayinleri bu birimin yaklaşık son 10000 yıldır depolandığını göstermektedir (Aksu ve dig., 1992b).

4.1. Misis-Girne Fay Zonu

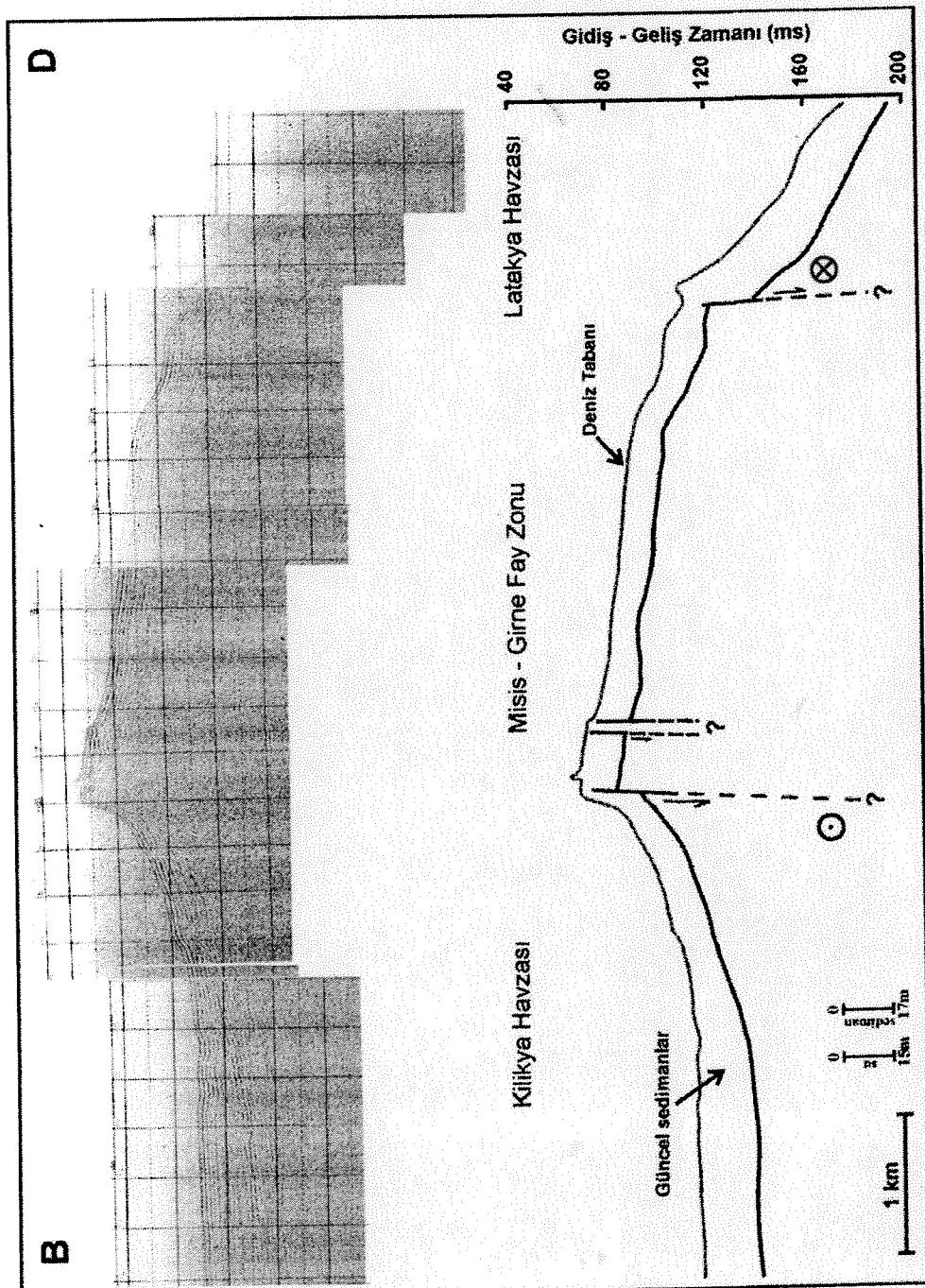
Misis-Girne Fay Zonu daha önce Aksu ve dig. (1992a) tarafından araştırılmış ve bu fay zonunun Anadolu'da Misis Dağlarının ve Kıbrıs'ta Beşparmak Dağlarının uzantısı olan Miyosen öncesi bir bindirme kuşağı olduğu ortaya konmuştur. Deniz tabanında bu fay zonu 0,5 – 2 km genişlikte ve deniz tabanından 10-50 metre yükseklikte bir sırt olarak devam etmektedir (Aksu ve dig., 1992a). Ancak bu sırt Türkiye kıyılarına yaklaşıka kalın bir sediman tabakası ile örtülmektedir. Aksu ve dig. (1992a) derinlere nüfuz edebilen sismik cihazlarla yaptıkları çalışmada Misis-Girne Fay Zonu'nun horst bloklarından oluşan dar bir yapı olduğunu belirlemiştir (Şekil 14).

Bu çalışmada toplanan sığ sismik kaytlarda Misis-Girne Fay Zonu kıyıdan 20 kilometre açıga kadar izlenilmiş, kıyıyla doğru Tarsus, Seyhan ve Ceyhan nehirlerinin taşıdığı sedimanlarca oluşan tabakaların altına gömüldüğünden izlenememiştir. Genel olarak, bu sismik kaytlarda gözlemlenen yansımalar, Şekil 14'de yorumu yapılan yapının üst kısımlarını temsil etmektedirler. Açıklarda, bu yapının üstü, deniz tabanından daha yukarıda olduğundan, yaklaşık 10-15 metre kalınlığında ince bir sediman tabakası ile örtülülmüştür (Şekiller 15-16). Sismik kayıtlar Kilikya havzası tarafındaki güncel sedimanların kalınlığının Latakya havzasındaki güncel sedimanlara göre daha fazla olduğunu göstermektedir (Şekiller 15-16).

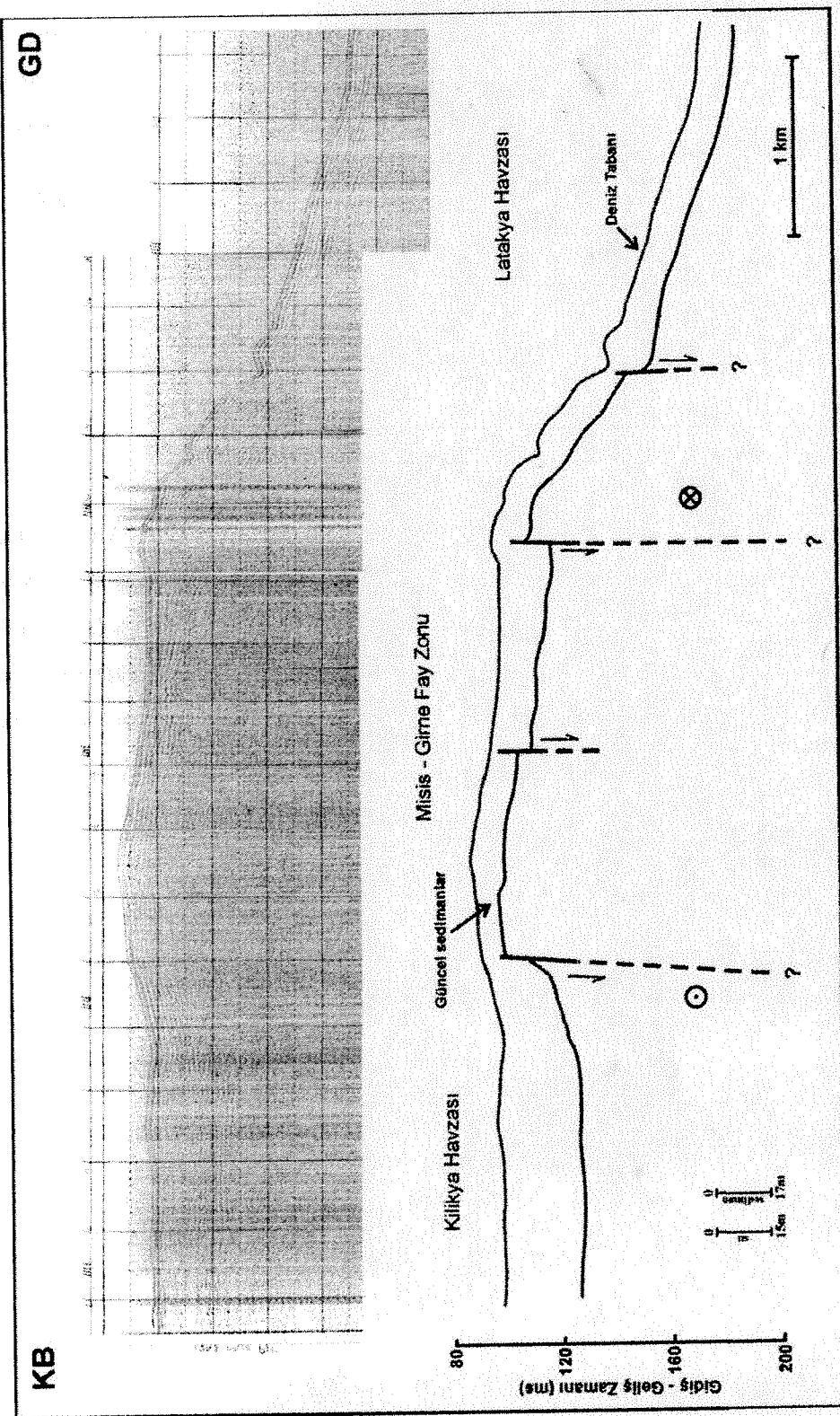


Şekil 14. Misis-Girne Fay Zonu'nun sismik yansına kaydı ve yorumu (Aksu ve dig., 1992a'dan uyarlanmıştır).

Aksu ve dig. (1992a) tarafından yorumlanan doğrultu atımlı ve normal fayların bir kısmı Şekil 15 ve 16'daki sığ sismik kaytlarda da tespit edilmiştir. Bu faylar, üzerindeki güncel sediman istiflerini etkilemekle beraber deniz tabanı morfolojisinde önemli bir iz bırakmamışlardır. Şekil 15'de oldukça net bir şekilde gözlemlenen horst blokları kıyıyla yaklaşıldıkça daha az belirgin bir görünüm sergilemektedir (Şekil 16) ve nihayet kıyıda sismik kaytlardan silinmektedir.



Şekil 15. Karataş açıklarından alınmış bir sisnik profil ve yorumu. Konum için Şekil 13'e bakınız.



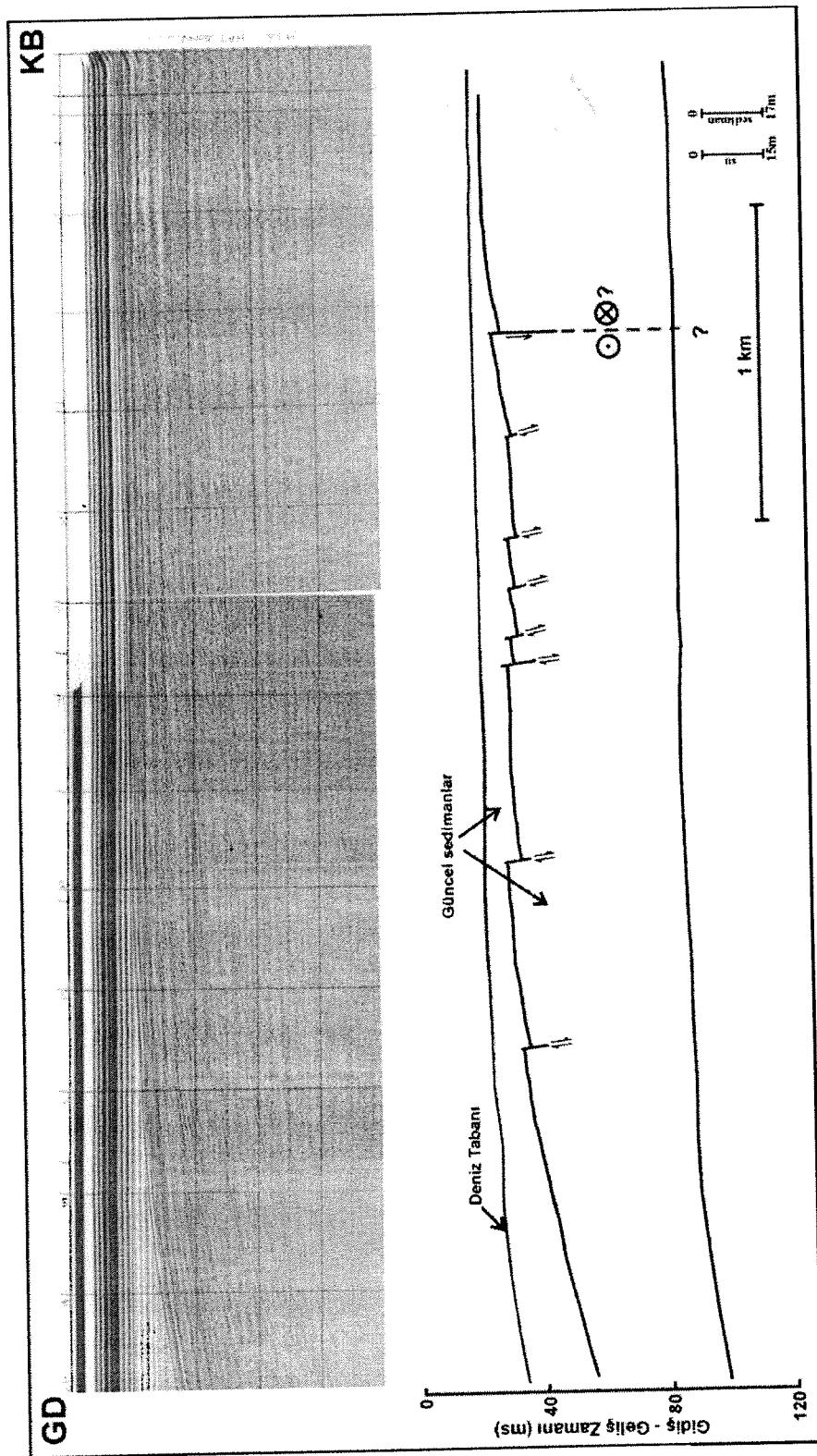
Şekil 16. Karataş açıklarından alınmış bir sismik profil ve yorumu. Konum için Şekil 13'a bakınız.

Şekil 15 ve 16'da belirtilen sol yönde doğrultu atımlı fayın, Misis-Girne fay zonunun oluşturan horst blokların sınırları olduğu düşünülmektedir. Güncel sedimanlarda görülen deformasyonlar bunun halen aktivitesini sürdürün bir fay olduğunu açıklamaktadır.

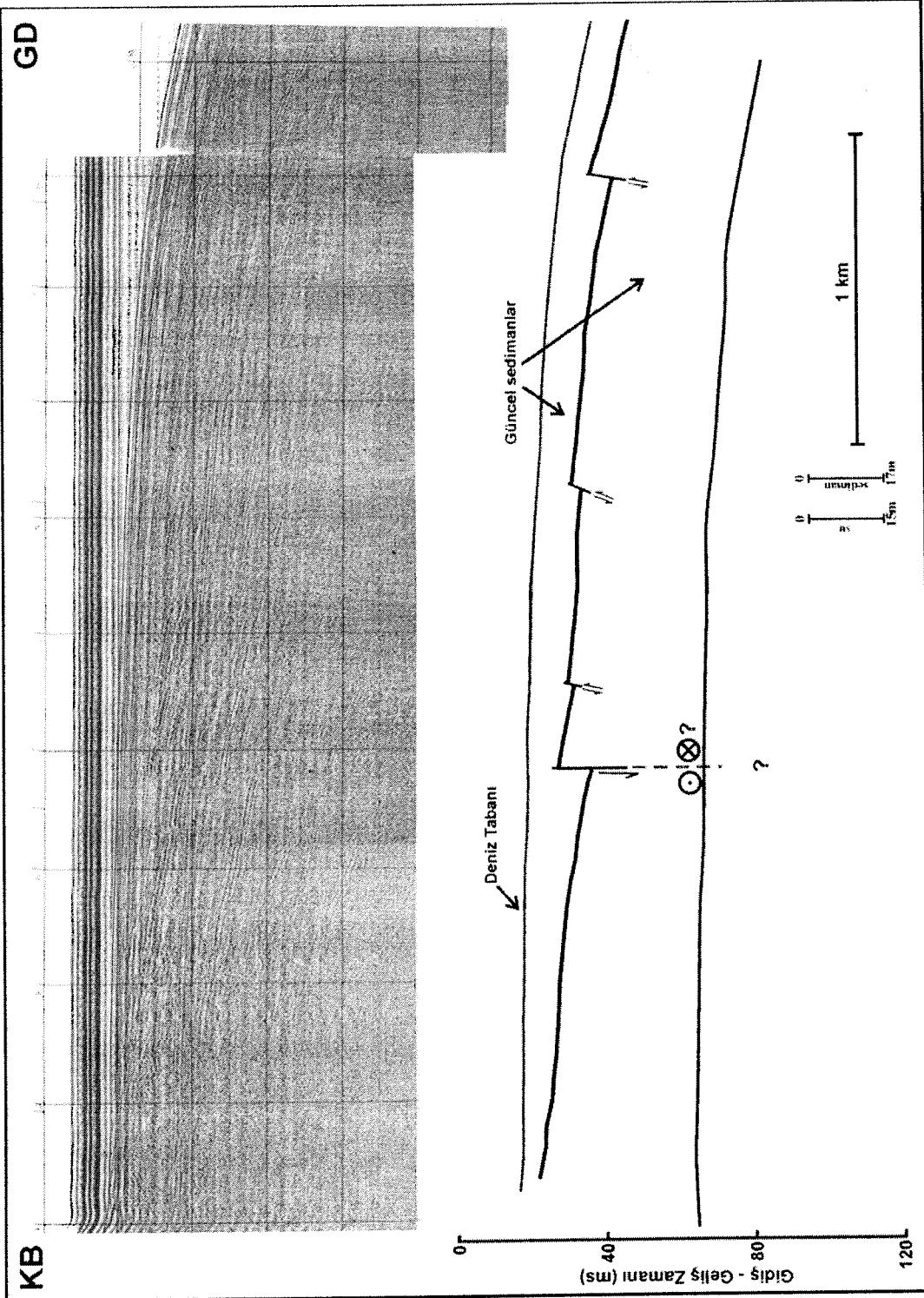
4.2. Karataş – Ceyhan Nehir ağzı arası

Güncel sedimanların kalınlığı, Ceyhan Nehri'nin ağzından alınan sismik kayıtlarda, kıyıya yakın yerlerde yaklaşık 40 metreye ulaşmaktadır (Şekiller 17-18). Karataş ile Ceyhan Nehri'nin ağzı arasında kalan bölgede güncel sedimanlar en kalın istiflenmeyi gösterirler ("DS1"; Aksu ve diğ., 1992b).

Şekil 17 ve Şekil 18'deki sismik kayıtlarda, ortalama 3 metrelük düşey atımı da olan doğrultu atımlı bir fay yorumlanmıştır. Bu fayın, büyük bir olasılıkla İskenderun Körfezi'nin kuzey kıyısına paralel uzanan Karataş-Osmaniye fay zonunun bir bileşeni olan, Yumurtalık Fayı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca yine bu kayıtlarda birbirini takip eden çok sayıda düşey atımlı faylar yorumlanmıştır (Şekiller 17-18). Bu fayların Yumurtalık Fayı'nın denizdeki devamı olarak yorumlanan doğrultu atımlı faydan kaynaklandığına inanılmaktadır.



Şekil 17. Ceyhan Nehri ağzından alınmış bir sismik profil ve yorumu. Konum için Şekil 13'a bakınız.



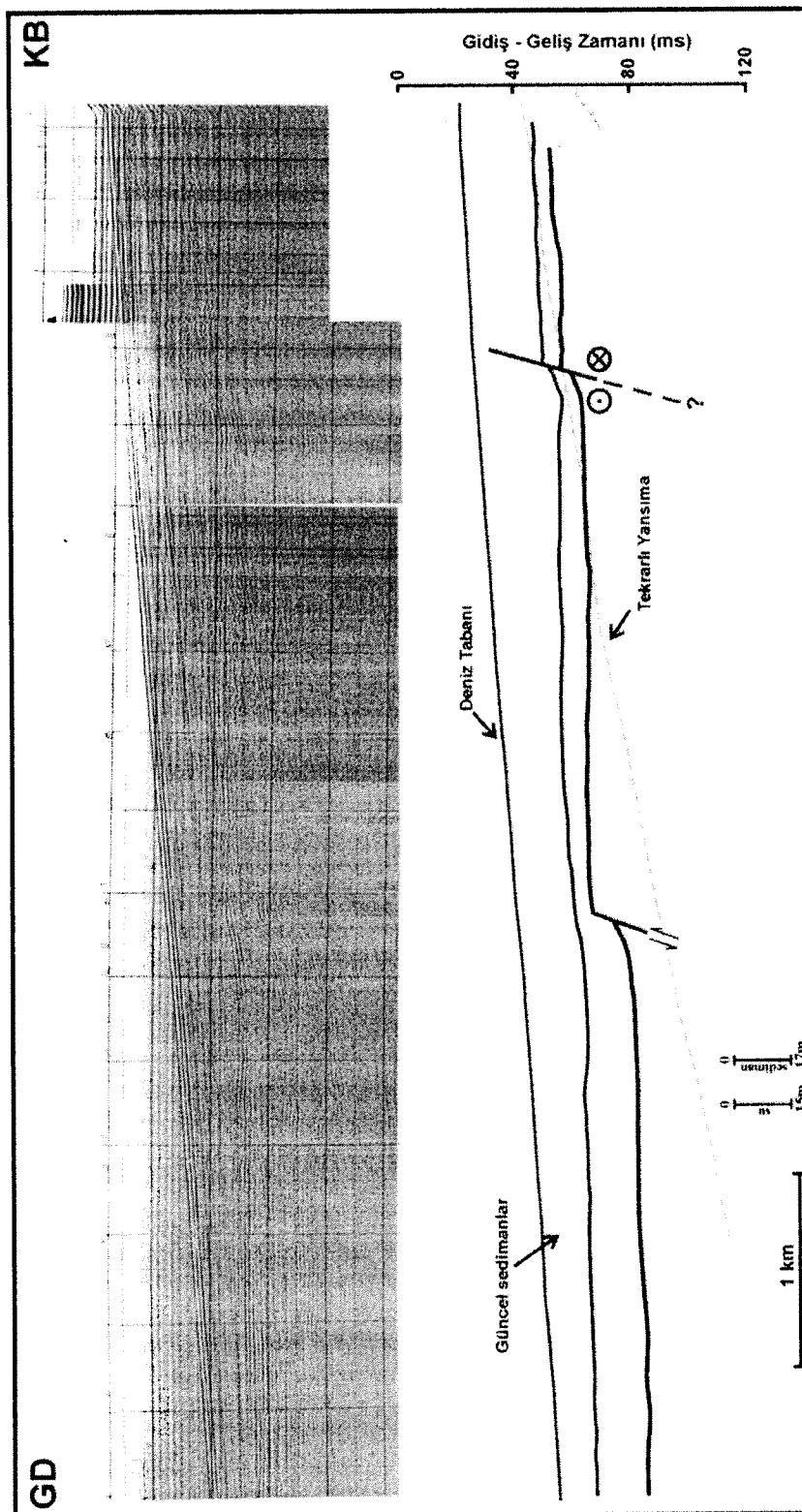
Sekil 18. Ceyhan Nehri ağzından alınmış bir sismik profil ve yorumu. Konum için Şekil 13'a bakınız.

4.3. Yumurtalık Körfezi

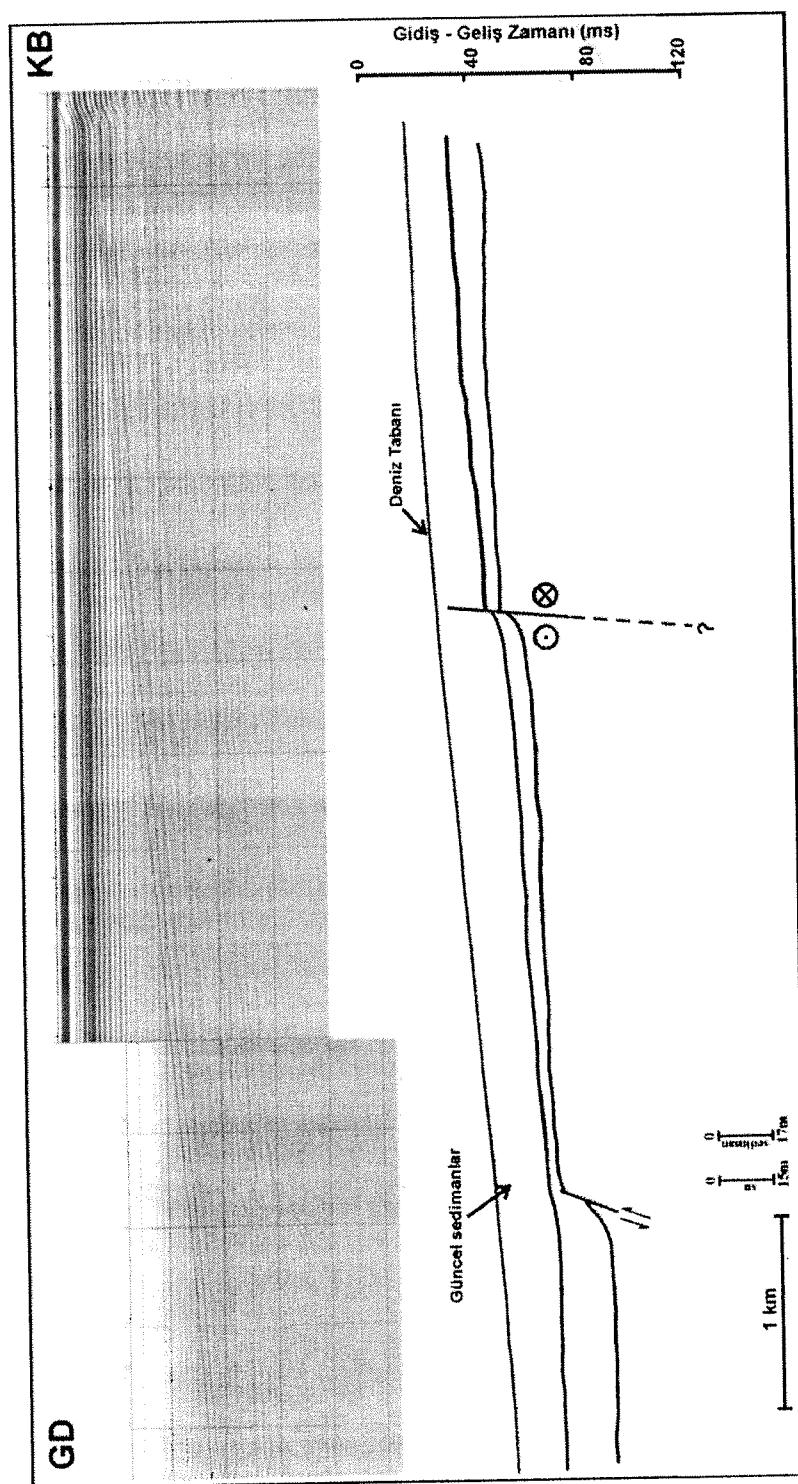
Yumurtalık Körfezi, güncel sedimanların en kalın olduğu yerlerden biridir. Sismik kayıtlarda yaklaşık 20-25 metre kalınlığında çökel serileri izlenmektedir (Şekiller 19-20). Karada yapılan çalışmalar Ceyhan Nehri'nin en erken 1935'e kadar Yumurtalık Körfezi'ne döküldüğünü göstermiştir (Russel, 1954). Daha sonra yatak değiştiren Ceyhan Nehri, bugünkü haline gelmiştir. Körfez içindeki çökel serileri birbirlerine paralel çökellerden meydana gelmiştir, bu ise ani değişimlerin olmadığı, nispeten sakin, bir depolanma rejiminin olduğunu göstermektedir.

Yumurtalık Körfezi'nden alınan sıg sismik kayıtlarda iki fay yorumlanmıştır. Bunlardan ilki körfezin dışında yer alan ve kıyıya paralel uzanımlı olduğu tahmin edilen normal fay, diğer ise körfezin içinde yer alan doğrultu atımlı faydır (Şekiller 19-20). Normal fayın üzeri yaklaşık 25 metre kalınlıkta sedimanla örtülüdür. Yaklaşık 5 metrelük bir düşey atıma sahip olan bu normal fay bölgede daha önce yapılmış çalışmalarda da belirlenmiştir (Aksu ve dig., 1992b; Aksu ve dig., 2005a). Sismik kayıtlarda güncel sediman olarak yorumlanan çökel serisinide kısmen kesen bu fay aşırı bir deformasyona yol açmadığı gibi deniz tabanına da ulaşamamaktadır, bundan dolayı bu fayın aktif olmadığı düşünülmektedir.

Buna karşın Körfezin iç tarafında, sismik kesitlerde belirgin olan doğrultu atımlı fay güncel sediman istiflerinde belirgin bir deformasyona neden olmuştur. Bu istiflerin üzerinde, yaklaşık 5 metrelük kalınlıkta, bir sediman birikimi gözlenmiştir. Bu fayın karada takip edilebilen Yumurtalık Fayı'nın devamı olduğu veya Yumurtalık fayına paralel olarak gelişen bir fay olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 19. Yumurtalık Körfezi'nden alınmış bir sismik profil ve yorumu. Konum için Şekil 13'a bakınız.



Sekil 20. Yumurtalık Körfezi'nden alınmış bir sismik profil ve yorumu. Konum için Şekil 13'a bakınız.

4.4. Fayların uzanımı

Sismik kesitlerde yorumlanan fayların konumları Şekil 21' de gösterilmiştir. Bunlardan, Karataş açıklarında, Misis-Girne fay zonunu belirleyen horst blokların sınırları, kıyıya doğru sedimanların altında kalıp gözden kaybolana kadar, sismik kayıtlarda takip edilebilmiştir. Ceyhan nehrinin ağzında da kıyıya paralel uzanan doğrultu atımlı bir fay, Yumurtalık Körfezi'nin hemen dışında ise Holosen dönem de geliştiği varsayılan normal bir fay bulunmuştur. Ayrıca, Körfezin hemen ağzında kıyıya paralel doğrultu atımlı bir fayın varlığı belirlenmiştir.



Şekil 21. Bu çalışmada yorumlanan faylar (Sarı çizgiler). Kara tarafındaki kırmızı renkle gösterilen faylar MTA 'nın dırı fay haritasından alınmıştır.

5. Tartışma

Çalışma sahasını da kapsayan Kilikya, Adana ve İskenderun havzaları, Anadolu-Afrika ve Afrika - Arap plaka sınırlarını oluşturan faylar arasında yer almaktadır (Şekil 5). Bölge, bu ana fayların haricinde, bunlara paralel gelişmiş, kuzey-kuzeydoğu yönelikli, genellikle doğrultu atımlı birçok küçük fay içermektedir (Ergin ve dig., 2004). Türkiye'nin güneydoğusunda yer alan bu fayların konumları ve hangisinin plaka sınırlarını oluşturdukları hala tartışılmaktadır.

Yapılan literatür araştırmasında bölgедe yer alan fayların değişik araştırmacılarca farklı isimlendirilmiş ve gruplandırılmış olduğu anlaşılmıştır. Westaway and Arger (1996), Misis-Girne Fay Zonu'nun karada iki koldan devam ettiğini, kollardan birisini Yakapınar-Göksun Fayı'nın oluşturduğunu, diğerinin ise DKD yönelikli Karataş-Osmaniye Fayı olduğunu belirtmiştir. Bu ikisinin arasında, sol yönde doğrultu atımlı Karataş-Osmaniye Fayı'nın yıllık 5 mm'lik atımı ile daha önemli olduğu belirtilmiştir. Buna uyumlu olarak, bu çalışmada bahsedilen Karataş Osmaniye Fay Zonu, İskenderun Körfezi'nin Adana Havzası tarafında kalan ve körfeze paralel uzanan fayları kapsamaktadır.

Bu bölgедe meydana gelen depremler üzerine yapılan araştırmalar, bölgenin sismik olarak hala aktivitesini sürdürmekte olduğunu ortaya koymuştur (Ergin ve dig., 2004). Bu sismik aktivitenin özellikle Göksun Fayı ve Karataş-Osmaniye Fay Zonu'nun içinde yer alan Yumurtalık Fayı'nın etrafında yoğunluğu belirtilmiştir (Şekiller 6-7). 27 Haziran 1998 tarihinde meydana gelen Ceyhan depremi'nin Göksun fayından kaynaklandığı, Karataş-Osmaniye Fay Zonu ile ilişkisinin olmadığı anlaşılmıştır. Ergin ve dig. (2004) Yumurtalık Fayı civarında meydana gelen depremlerin, bölgедeki diğer olmuş depremlerle karşılaşıldığında odaklarının göreceli olarak daha derinde olduğunu iddia etmektedirler. Yapılan odak mekanizması çözümlerinde (Şekil 7) olmuş depremlerin genelde düşey bileşenli doğrultu atımlı faylar oldukları öne sürülmüştür (Ergin ve dig., 2004).

Bu araştırmada, denizden toplanan sig sismik kayıtlarda Karataş-Osmaniye Fay Zonu'na ait olduğu düşünülen faylar yorumlanmıştır. Özellikle Yumurtalık Körfezi ile Ceyhan Nehri'nin ağzına yakın yerlerdeki sismik kayıtlarda düşey bileşenide olan doğrultu atımlı fay tespit

edilmiştir (Şekil 21). Bu doğrultu atımlı fay uzanımından dolayı, MTA'nın 1:500 000 ölçekli jeoloji ve 1:1 000 000 ölçekli diri fay haritalarında yer alan Karataş-Osmaniye Fay Zonu'nun, bu haritalarda yer almayan kıyıya daha yakın bir bileşeni olarak yorumlanmıştır.

Deniz tabanında bir deformasyon olmaması ve üzerinde yaklaşık beş metrelük bir sediman birikiminin olması Yumurtalık Körfezi'ndeki bu fayın bir süreden beri aktif olmadığını düşündürmektedir. Bu sonuç Karataş-Osmaniye Fayı'nın günümüzde aktif olmadığını ifade eden Westaway (2004)'in görüşünü desteklemektedir. Bununla beraber bu fay ile ilişkili depremlerin odaklarının daha derinde olması (Ergin ve diğ., 2004) ve Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Osmaniye-Yumurtalık üzerinden Kıbrıs'a uzandığının düşünülmesi (Hempton, 1987; Taymaz ve diğ., 1991; Westaway, 1994; Westaway ve Arger, 1996; Arger ve diğ., 2000), Karataş-Osmaniye Fay Zonu'nun her an yeniden aktif hale geçebileceğinin bir belirtisi sayılmalıdır.

Karataş-Osmaniye Fay Zonu'nun, özellikle önemli sanayi tesislerinin yer aldığı bu bölgede, yüzeysel deformasyon oluşturabilecek dolayısı ile maddi hasara yol açabilecek şekilde yeniden aktif hale geçebileceği göz önünde tutulmalıdır.

Bu araştırma için, olmuş depremlerin katalog bilgileri araştırıldığından, 4 ayrı kaynaktan (BÜ Kandilli Rasathanesi ve DAE, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, TÜBİTAK MAM Yer Bilimleri Enstitüsü, United States Geological Society-USGS) yer alan aynı depremler için farklı enlem-boylam, magnitütüd ve derinlik değerleri ile karşılaştırılmıştır. 27 Haziran 1998 Ceyhan depremi için farklı kuruluşların verdikleri bilgiler Tablo 3'de verilmiştir. Bu farklı bilgiler karışıklığa yol açmakta ve sağlıklı bir yorum yapılmasını engellemektedir. Konuya ilgili kuruluşların biraraya gelerek farklılıklarını giderecek önlemler almaları, depremlerle ilgili konularda yapılan çalışmaların daha sağlıklı olmasını sağlayacaktır.

Tablo 3. 27 Haziran 1998 Ceyhan depreminin değişik kurumlarca verilen bilgileri.

Kuruluş	Saat	Enlem	Boylam	Derinlik	Magnitüd
BÜ Kandilli Rasathanesi ve DAE	13:55	36.96	35.52	18	6.3
Afet İşleri Genel Müdürlüğü DAD	13:55	36.85	35.55	18	5.9
Tubitak MAM Yerbilimleri Ens.	13:55	36.87	35.30	33	6.3
USGS	13:55	36.88	35.31	33	6.6

6. Sonuçlar ve Öneriler

Yapılan bu çalışmada Karataş-Osmaniye Fay Zonu'nun, Yumurtalık Körfezi ve Karataş açıklarında deniz tabanında meydana getirdiği bir deformasyona rastlanılmamıştır. Bu bulgu, Karataş-Osmaniye Fay Zonu'nun veya kıyıya yakın uzanan bileşeni Yumurtalık Fay'ının son dönemlerde aktivitesinin olmadığını ifade etmektedir. Ancak Holosen döneme ait güncel sedimanların faylar tarafından kesilmiş olması fayın her an tekrar aktif hale gelebileceğini göstermektedir. Bu nedenle, bölgede mevcut olan ve kurulması düşünülen sanayi tesislerinin depreme hazırlıklı olmaları gereklidir.

27 Haziran 1998 Ceyhan depremi Göksun Fay'ının kırılması sonucu oluşmuştur, Karataş-Osmaniye Fayı ile ilişkilendirilmesi hatalı bir yaklaşımındır.

Özellikle Yumurtalık Körfezi'nin daha sığ yerlerinde yapılacak bir sismik araştırma körfezin içindeki fayların yerlerinin belirlenmesi açısından büyük bir önem taşımaktadır.

Hava ile temasının olmaması sayesinde erozyondan korunan denizel çökel ortamları, aktif faylanma araştırmalarına yönelik ideal araştırma ortamlarıdır. Bu bölgelerde yapılacak olan sismik yansıtma çalışmaları fayların son durumu hakkında önemli bilgiler verecektir. Özellikle karada yapılmış/yapılacak fay çalışmalarının dikkatlice incelenmesi ve bunların deniz tarafına uzanımlarının sismik yöntemlerle araştırılması, bu fayların gerçek büyüklüklerinin belirlenmesini sağlayacaktır. Genelde Marmara Bölgesi ile sınırlı kalan aktif fay çalışmalarına karşın diğer kıyı bölgelerimizde de benzer çalışmaların yürütülmesi, Türkiye'nin aktif tektonik yapısını bir bütün olarak görmemizi sağlayacaktır.

Bu amaçla, bu araştırmaya benzer çalışmaların, kara tarafında belirlenmiş ve denize devamının olduğu düşünülen Ecemiş Fayı ve Amanos Fayı için de yapılması gereklüğine inanılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Aksu, A.E., Calon, T.J., Hall, J., Mansfield, S. and Yasar, D., The Cilicia-Adana basin complex, Eastern Mediterranean: Neogene evolution of an active fore-arc basin in an obliquely convergent margin, *Marine Geology*, 221(1-4), 121-159, (2005).
- Aksu, A.E., Calon, T.J., Hall, J. and Yasar, D., Origin and evolution of the Neogene İskenderun Basin, northeastern Mediterranean Sea, *Marine Geology*, 221(1-4), 161-187, (2005).
- Aksu, A.E., Calon, T.J., Piper, D.J.W., Turgut, S. and Izdar, E.K., Architecture of late orogenic basins in the eastern Mediterranean Sea., *Tectonophysics*, 210, 191-213, (1992a).
- Aksu, A.E., Uluğ , A., Piper, D.J.W., Konuk, T. and Turgut, S., Quaternary sedimentary history of Adana, Cilicia and İskenderun Basins, northeast Mediterranean Sea, *Marine Geology*, 104, 55-71, (1992b).
- Aktar, M.T., Ergin, M., Özalaybey, S., Tapırdamaz, C., Yörük A., Biçmen F., A lower-crustal event in northeastern Mediterranean: the 1998 Adana earthquake ($Mw_6.2$) and its aftershocks, . *Geophys. Res. Lett.* , 27, 2361-2364, (2000).
- Arger, J., Mitchell, J. and Westaway, R., Neogene and Quaternary volcanism of south-eastern Turkey, Tectonics and magmatism in Turkey and the Surrounding Area, ed: B. E., W. J.A. and P. J.D.A. (Editors), 173, Geological Society, London, (2000), pp. 459-487.
- Aslaner, M., Geology and petrography of the ophiolites in the İskenderun-Kırıkhan region, *Publ. Min. Res. And Explor. Inst.*, 50, 71, (1973).
- Baird, D.W., Review of the Mediterranean Alpine Tectonics, Geology and History of Turkey, ed: A.S. Campbell (Editor), Petrol. Explor. Soc. Of Libya, Tripoli, (1971), pp. 139-158.
- Bal, Y. and Demirkol, C., Coastline changes in Eastern Mediterranean Turkey, *Earth Sci. Rev.* Eng. Fac. İstanbul Univ, 6, 69-91, (1987).

- Barka, A.A. and Reilinger, R., Active tectonics of the Eastern Mediterranean region: deduced from GPS, neotectonic and seismicity data, *Anal. Geofis.*, 6, 587-610, (1997).
- Bozkurt, E., Neotectonics of Turkey - a synthesis, *Geodinamica Acta*, 14(3-30), (2001).
- Brown Jr., L.F. and Fisher, W.L., Seismic Stratigraphic Interpretation and Petroleum Exploration, AAPG Continuing Education Course Note Series 16, Tulsa, Oklahoma, 125 (1980).
- Brown Jr., L.F. and Fisher., W.L., Seismic Stratigraphic Interpretation of Depositional Systems: Examples from Brazilian Rift and Pull-Apart Basins, *Seismic Stratigraphy - Applications to hydrocarbon Exploration*, ed: C.E. Payton (Editor), AAPG Memoir 26, Tulsa, Oklahoma, (1977), pp. 213-248.
- Burton-Ferguson, R., Aksu, A.E., Calon, T.J. and Hall, J., Seismic stratigraphy and structural evolution of the Adana Basin, eastern Mediterranean, *Marine Geology*, 221(1-4), 189-222, (2005).
- Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Saroğlu, F. and Şengör, A.M.C., Shortening of continental lithosphere: the Neotectonics of Eastern Anatolia: a young collision zone, *Geol. Soc. Spec. Publ. London*, 19, 336, (1986).
- EIE, Su deşarj yıllık. Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü, Ankara, Turkey, (1982).
- EIE, 1981 yılı su deşarji. Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü Ankara, Turkey, (1984).
- Ergin, M., Aktar, M. and Eyidoğan, H., Present-Day Seismicity and Seismotectonics of the Cilician Basin: Eastern Mediterranean Region of Turkey, *Bull. Seismo. Soc. America*, 94(3), 900-939, (2004).
- Ergin, M., Okyar, M. and Timur, K., Seismic stratigraphy and Late Quaternary sediments in inner and midshelf areas of Eastern Mersin Bay, Northeastern Mediterranean Sea, *Marine Geology*, 104, 73-91, (1992).

- Görür, N. Depositional history of Miocene sediments on the NW flank of the Adana Basin, Sixth Colloquium on Geology of the Aegean region, Izmir, Turkey,(1985) pp. 185- 208.
- Hempton, M.R., Constraints on Arabian plate motion and extensional history of the Red Sea, Tectonics, 6 687-705, (1987).
- İlhan, E., The structural features of Turkey, Geology and History of Turkey, 13th. field conf., ed: A.S. Campbell (Editor), Petroleum Explor. Soc. Libya, (1971), pp. 159 -170.
- Karig, D.E. and Kozlu, H., Late Paleogene-Neogene evolution of the triple junction region near Maraş, south-central Turkey, J. Geol. Soc. (Lond.), 147, 1023- 1034, (1990).
- Ketin, İ., Tectonic units of Turkey, Maden Tetkik Arama Enst. Derg., 66, 23-34, (1966).
- Kozlu, H. Structural development and stratigraphy of the Misis-Andirin region, 7th Petroleum Congress of Turkey. Turkish Association of Petroleum Geologists,(1987) pp. 104- 116.
- McClusky, S., S. Balassanian, A. A. Barka, C. Demir, S. Ergintav, I. Georgiev, O. Gurkan, M. Hamburger, K. Hurst, H. Kahle, K. Kastens, G. Kekelidze, R. King, V. Kotzev, O. Lenk, S. Mahmoud, A. Mishin, M. Nadariya, A. Ouzouins, D. Paradissis, Y. Peter, M. Prilepin, R. Reilinger, I. Sanli, H. Seeger, A. Tealeb, M. N. Toksöz, G. Veis, Global positioning system constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus, J. Geophys. Res., 105, 5695-5719, (2000).
- McClusky, S., Reilinger, R., Mahmoud, S., Ben Sari, D. and Tealeb, A., GPS constraints on Africa (Nubia) and Arabia plate motions, Geophys. J. Int., 155, 126-138, (2003).
- McKenzie, D.P., The plate tectonics of the mediterranean region, Nature, 226(239-241), (1970).
- McKenzie, D.P., Active tectonics of the Mediterranean region, Geophys. J. R. Astr. Soc., 30, 109- 85., (1972).
- McKenzie, D.P., Active Tectonics of the Himalayan belt; the Aegean Sea and surrounding regions (tectonics of Aegean region), Geophys. J. R. Astr. Soc., 55, 217-54, (1978).

Mitchum Jr., R.M., Vail, P.R. and Sangree, J.B., Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level Part 6: Stratigraphic Interpretation of Seismic Reflections Patterns in Depositional Sequences, Seismic Stratigraphy - Applications to hydrocarbon Exploration, ed: C.E. Payton (Editor), AAPG Memoir 26, Tulsa, Oklahoma, (1977a), pp. 117-133.

Mitchum Jr., R.M., Vail, P.R. and Thompson III, S., Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level Part 2: The Depositional Sequences as a Basic Unit for Stratigraphic Analysis, Seismic Stratigraphy - Applications to hydrocarbon Exploration, ed: C.E. Payton (Editor), AAPG Memoir 26, Tulsa, Oklahoma, (1977b), pp. 53-82.

MTA. Türkiye Jeoloji Haritası, Adana Paftası, 1:500 000 ölçek. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara,(2002).

MTA. Türkiye Diri Fay Haritası, 1:1 000 000 ölçek. Derleyenler: Saroğlu, F., Emre, Ö., Kuşcu, İ. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, (1992).

Okyar, M., The Late-Quaternary Transgression and its Associated Submarine Stratigraphy of Mersin Bay between the Göksu and the Seyhan Deltas: A Geophysical Approach. Ph.D. Thesis, Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, Erdemli, Mersin, (1991), 156 pp.

Okyar, M., Ergin, M. and Evans, G., Seismic stratigraphy of Late Quaternary sediments of western Mersin Bay shelf, (NE Mediterranean Sea), Marine Geology, 220, 113-130, (2005).

Özer, B., Biju-Duval, B., Courier, P. and Letouzey, J. Geology of Neogene Basins of Antalya, Mut and Adana, 3rd Petroleum Congress of Turkey. Turkish Association of Petroleum Geologists,(1974) pp. 57-84.

Pampal, S. and Kurtman, F. New Data on the Neo-Tethys Rifting in the Eastern Taurus Belt, International Conference on the Geology of the Taurus Belt. Turkish Geological Society,(1984) pp. 217-222.

Perinçek, D. and Çemen, I., The structural relationship between the East Anatolian and Dead Sea fault zones in southeastern Turkey, *Tectonophysics*, 172, 331-340, (1990).

Posamentier, H.W., Jervey, M.T. and Vail, P.R., Eustatic Controls on Clastic Deposition I - Conceptual Framework, Sea-level changes: an integrated approach, ed: C.K. Wilgus, B.S. Hastings, H. Posamentier and others (Editors), Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication 42, (1988), pp. 109-124.

Posamentier, H.W. and Vail, P.R., Eustatic Controls on Clastic Deposition II - Sequence and Systems Tract Models, Sea-level changes: an integrated approach, ed: C.K. Wilgus, B.S. Hastings, H. Posamentier and others (Editors), Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication 42, (1988), pp. 125-154.

Reilinger, R., McClusky, S.C., Oral, B.M., King, R.W. and Toksöz, M.N., Global positioning system measurements of present day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone, *J. Geophys. Res.*, 102, 9983-9999, (1997).

Russell, R.J., Alluvial morphology of Anatolian rivers, *Ann.Assoc. Am. Geogr.*, 44:363-391, (1954).

Sangree, J.B. and Widmier, J.M., Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level Part 9: Seismic Interpretation of Clastic Depositional Facies, *Seismic Stratigraphy - Applications to hydrocarbon Exploration*, ed: C.E. Payton (Editor), AAPG Memoir 26, Tulsa, Oklahoma, (1977), pp. 213-248.

Sangree, J.B. and Widmier, J.M., Interpretation of depositional facies from seismic data, *Geophysics*, 44, 131-160, (1979).

Saroğlu F., Emre, Ö., Boray, A., Türkiye'nin Diri Faydalı ve Depremselikleri. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Araştırma Raporu, No:8174, Ankara, 399 sayfa (1987).

Schmidt, G., Stratigraphic nomenclature for the Adana region: Petroleum District VII., Petroleum Administration Bulletin, 24, 39-50, (1961).

SHOD. İskenderun Körfezi seyir haritası, 1:100 000 ölçek, harita no:334. Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı, İstanbul, Türkiye, (1984).

SHOD. Mersin-Karataş Burnu seyir haritası, 1:100 000 ölçek, harita no:333. Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı, İstanbul, Türkiye., (1987).

SHOD. Yumurtalık Limanı seyir haritası, 1:25 000 ölçek, harita no:3341. Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı İstanbul, Türkiye, (1990).

Smith, S.G., Diapiric structures in the Eastern Mediterranean Cilician Basin, Geology, 5, 705-707, (1977).

Şengör, A.M.C., Görür, N. and Saroğlu, F., Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, Strike-slip Faulting and Basin Formation, ed: C.-B.N. Biddle K.T. (Editor), Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Sp. Pub. 37, (1985), pp. 227-264.

Taymaz, T., Jackson, J. and McKenzie, D.P., Active tectonics of the North and Central Aegean Sea, Geophy. J. Inter, 106, 433-490, (1991).

Tekeli, O. and Göncüoğlu, M.C. Geology of the Taurus Belt, International Symposium on the Geology of the Taurus Belt. Reprinted from Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara,(1984) pp. 133-158.

Ternek, Z., Mersin-Tarsus kuzey bölgesinin Jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama enstitüsü dergisi, 44/45, 18-62, (1953).

Ternek, Z., The lower Miocene (Burdigalian) formations of the Adana Basin, their relation with other formations and oil possibilities, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü dergisi, 49, 60-80, (1957).

- Tolun, N., Pamir H.N., Explanatory text of the geological map of Turkey: Hatay Sheet, 1/500.000 scale, Publ. Min. Res. Explor. Ins., Ankara, 99 pp, (1975).
- Vail, P.R., Mitchum Jr., R.M. and Thompson III, S., Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level Part 3: Relative changes of sea level from coastal onlap, Seismic Stratigraphy - Applications to hydrocarbon Exploration, ed: C.E. Payton (Editor), AAPG Memoir 26, Tulsa, Oklahoma, (1977), pp. 53-82.
- Van Wagoner, J.C., Posamentier, H.W., Mitchum Jr., R.M., Vail, P.R., Sarg, J.F., Loutit, T.S., Hardenbol, J., An Overview of the Fundamentals of Sequence Stratigraphy and Key Definitions, Sea-level changes: an integrated approach, ed: C.K. Wilgus, Hastings, B.S., Posamentier, H., and others (Editor), Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication 42, (1988), pp. 39-46.
- Westaway, R., Present-day kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean, J. Geophys. Res., 99, 12071-12090, (1994).
- Westaway, R., Kinematic consistency between the Dead Sea Fault Zone and the Neogene and Quaternary left-lateral faulting in SE Turkey, Tectonophysics, 391, 203-237, (2004).
- Westaway, R. and Arger, J., The Gölbaşı basin, southeastern Turkey: A complex discontinuity in a major strike-slip fault zone, J. Geol. Soc., London, 153, 729-743, (1996).
- Woodside, J.M., Tectonic elements and crust of the eastern Mediterranean Sea, Mar. Geophys. Res. , 3, 317- 354, (1977).
- Yalçın, N.M. and Görür, N. Sedimentological evolution of the Adana Basin, International Symposium on the Geology of the Taurus Belt, Ankara,(1984) pp. 165-172.